



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION
INGENIERIA ELECTRONICA

TRABAJO MONOGRAFICO PARA OBTAR AL TITULO DE INGENIERO
ELECTRONICO

INSTALACION DE PLC MODICON M580 EN MOTOR DE CONBUSTION
INTERNA ACOPLADO A GENERADOR ABB.

Autores: Carlos Ernesto Morales Alvarado
Rigoberto Tomas Ortega Mercado

Tutor: Msc. Ing. Augusto Cesar Palacios Rodríguez

INDICE

Contenido

INDICE.....	2
I.INTRODUCCION	6
II. ANTECEDENTES	8
III. JUSTIFICACIÓN	10
IV. HIPOTEIS.....	11
V. OBJETIVOS	12
General	12
Objetivos específicos.....	12
VI. SISTEMA DE CONTROL	13
6.1 Descripción del sistema.....	13
6.2 Principios Básicos de operación	13
6.3 Panel de Control central.....	14
6.4 Sistema de Tiempo Real	16
6.4.1 Características de un sistema de tiempo real	16
6.4.2 Ambiente	16
6.4.3 Predictibilidad.....	16
VII. Descripción del sistema autómatas PLC	17
7.1 Descripción general de hardware	17
7.2 Modbus.....	18
7.3 Modelo de interconexión OSI (Open System Interconnection)	18
7.4 Direcciones Modbus.....	20
7.5 Direcciones Modbus Standard	21
7.6 Equipos utilizados para comunicación con PLC.....	21
7.6.1 PC-Clientes.....	21
7.6.2 Servidor	22
7.6.3 Switch	23

7.6.3.2 Indicadores en Switch	24
7.6.3.3 Estado del dispositivo.....	24
7.6.3.4 Estado del puerto	25
7.7 PLCs	26
7.7.1 Características comunes de los puertos Ethernet.....	26
7.7.2 Interfase hombre-máquina (HMIs)	27
7.7.3 Comunicaciones	28
7.7.4 PLC de grupo electrógeno	29
7.7.5 PLC común	29
7.7.6 Respuesta ante eventualidades	30
7.7.7 Elementos a sustituir en el sistema de comunicación.....	31
7.7.8 Comprobación de señales de temperatura locales.....	33
7.7.9 Implementación de fibra óptica	34
7.7.10 Lazos de control del sistema automático.....	35
VIII. Sincronía del motor generador	37
8.1 Sincronización en modo AUTOMATICO	37
8.2 Condiciones para la sincronización	37
8.3 Modos de funcionamiento	37
8.3.1 Control por KW	37
8.3.2 Descarga y detección.....	38
8.3.2.1 Descarga.....	38
8.3.2.2 Detección.....	38
8.4 Control de potencia activa	39
8.5 Mediciones de disminución.....	39
8.5.1 Reducción de la potencia activa.....	40
8.5.2 Control de potencia reactiva (Control por cos Phi)	41
8.5.3 Sincronización de la rejilla	41
8.5.4 Desconexión del disyuntor del generador	41
8.5.5 Interrupción del motor.....	42
8.6 Parada automática del motor	43
8.7 Otros modos de funcionamiento	44

8.7.1 Mediciones que causan interrupción tras 15 minutos.....	44
8.7.2 Mediciones que causan interrupción tras 5 minutos.....	44
8.7.3 Mediciones que causan interrupción tras 5 minutos (Sin reducción de carga)	44
8.7.4 Mediciones que causan interrupción tras 5 minutos (No se ejecuta la interrupción)	45
8.8 Otros controles.....	45
8.8.1 Controles del PLC grupo electrógeno	45
8.9 Fallos.....	45
8.9.1 Fallos de comunicación entre PLC.....	45
IX. Monitoreo y control	46
9.1 Monitoreo de temperatura	46
9.2 Sistema de generación	47
9.3 Sistema de lubricación	48
9.4 Sistema de Combustible	49
9.5 Sistema de enfriamiento	50
9.6 Gases de salida y aire de carga.....	51
9.7 Pantalla de control	52
9.8 Gráfico de barra.....	53
9.9 Sistema eléctrico	54
9.10 Sistema común de aire de arranque	55
9.12 Sistema común de aceite	56
9.13 Sistema común de lubricación	56
9.14 Sistema común de lodos	56
9.15 Sistema común de vapor	56
9.16 Sistema común de agua	56
9.17 Sistema común de aguas residuales.....	56
9.18 Sistema de automatización	57
9.19 Sistema de transmisión de datos.	57
X. Problemas Comunes.....	58
XI. CONCLUSIONES	61
XII. BIBLIOGRAFIA	62
XIII. ANEXOS	63

13.1 Paneles de operación	63
13.2 Elementos de control y comunicación	65
13.3 Optimización del sistema de control.....	67

I.INTRODUCCION

La presente tesis monográfica desarrolla un estudio en el área de comunicación para sistemas industriales, en la cual proponemos la implementación de una sistema automatizado, con un autómata MODICOM-M580 que sustituya al controlador electrónico actual de las cinco maquinas generadoras de la planta Tipitapa Power Company, esta implementación de un sistema por el anterior se realizará, debido a que el controlador actual presenta baja efectividad en la lectura y los tiempos de respuesta de las señales son muy prolongando.

El cambio tecnológico permitirá mejoras en las lecturas de los valores transmitidos a sala de control, una vida útil de los equipos más duradera, mayor dispersión en el suministro de electricidad hacia la red, realización de operaciones y procedimientos más eficaces al momento de controlar el sistema de generación.

La macro localización de sitio objeto de estudio se ubica en la planta Tipitapa Power Company, es un emplazamiento de motores diesel ubicada en la población de Tipitapa, a unos 20 Km al Noroeste de Managua, Nicaragua. La planta de 51 MW consiste en cinco motores de 10.2 MW cada uno.

Como principal actividad económica de esta empresa está la disponibilidad de suministro de energía a la red de transmisión de Enatrel y de ahí a la red de distribución operada por la empresa distribuidora de energía Disnorte-Dissur para suplir las demandas energéticas de la población, la industria y del sector terciario.

Actualmente los motor-generadores son controlados con el PLC ABB PM 633 es un sistema lento debido su antigüedad, tiene 18 años desde que se implementó y trabaja de forma constante, de esta manera es un sistema obsoleto es por ello que se decidió reemplazarlo para mejorar todos los percances habidos que determinen alguna anomalía o falta de información inadecuada, lenta o mal transmitida en la comunicación entre todo el sistema.

Por lo tanto con la implementación de este estudio se podrá lograr una comunicación más eficiente, eficaz y rápida entre los elementos actuadores de la máquina que interactúan de forma automática entre sí y la sala de control de la central de generación, mejorando de forma integral el proceso de producción de energía y el resguardo del equipo de generación.

II. ANTECEDENTES

La central de energía Tipitapa Power Company, es una planta de motores diesel ubicada en la población de Tipitapa, a unos 20 Km al Noroeste de Managua, Nicaragua. La planta de 51 MW consiste en cinco motores de 10.2 MW cada uno.

Esta compañía productora de electricidad se fundó en el año 1998 con el objetivo de respaldar el consumo energético que demandaba el país en su momento debido a graves faltas de energía en el mismo que sólo tenían respaldo de pocas plantas generadoras que no podían abastecer al territorio nicaragüense entrando a funcionar con la tecnología de punta en su momento de arranque inicial al transcurso de los años hasta la época conservando los sistemas de programación desfasados al tiempo en que se encuentra se buscó como renovar el sistema de lógica programable para un mejor funcionamiento en la parte de la comunicación que de forma consiente está ligada a la buena transmisión y recepción de datos dará como resultado un mejor trabajo hombre-máquina.

El país en su momento dependía de plantas de generación que fallaban por desperfectos continuamente y dejaban a la población y a empresas sin energía para su consumo diario.

Los generadores marca Wartsila Modelo 18V32, los cuales están acoplados a un generador eléctrico marca ABB, en la actualidad estos motor generadores son controlados con el PLC ABB PM 633 del año 1998 es un sistema lento debido a su

tiempo transcurrido de 18 años desde que se implementó trabajando en funcionamiento constante , el proceso de control está regido por la orden que se aplica en el computador al PLC para obedecer cualquier mando y ejecutarlo en un momento de corta duración, debido a la errónea comunicación y transmisión de datos se sustituirá por uno más versátil .

Por consiguiente se ha propuesto a la Tipitapa Power Company la implementación de una mejora tecnológica con el reemplazo del antiguo controlador electrónico por el MODICOM M580, un autómata que permite controlar, proteger, medir y la adquisición de más datos y rápidos, lo cual conlleva a una mejora en el rendimiento de las máquinas, de tal forma se reemplazara en los cinco motores generadores para sustituir lo viejo por lo nuevo y tecnológico.

A su vez reduciría todas las falsas señales que determinen alguna anomalía o falta de información inadecuada, lenta o mal transmitida en la comunicación constante, posibilitando además las opciones de monitoreo y diagnóstico de condiciones (alarmas), presentándolas en un HMI (Human-Machine Interface) o pantalla de operación, o presentándolas a una red de control.

III. JUSTIFICACIÓN

En nuestra sociedad la energía eléctrica es uno de los pilares fundamentales del país continuamente usamos una multitud de servicios que consumen electricidad en los hogares, centros comerciales, industrias, hospitales etc.

La automatización en una planta industrial productora de energía es un conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de recibir información del proceso sobre el cual actúan, realizar acciones de análisis, organizarlas y controlarlas apropiadamente con el objetivo de optimizar los recursos de producción, como los materiales, humanos y económicos, financieros.

Este proyecto de automatización industrial a través de PLC es un aspecto muy importante en el crecimiento sostenible y económico, ya que se ven en la necesidad de optimizar sus procesos automáticos, de resguardar la inversión en sus equipos de generación, facilitar la seguridad de su personal operativo y brindar un servicio de calidad en producción energética.

IV. HIPOTEIS

Este proyecto de trabajo está destinado para realizar de manera completa la instalación del PLC Modicom 580 factible y eficaz de tal manera que tiene un aspecto físico poco robusto, versátil y en fase con la tecnología actual asegurando de esta manera una máxima funcionalidad en comparación al PLC reemplazado.

Para ello se trabajó por medio de diseño tipo segmentos bloques, se efectuara la planificación y programación de datos con lógicas análogas vs digitales para la activación de variables entradas y salidas digitales o análogas al mismo tiempo se determina el buen funcionamiento de señales discretas que determinan la activación o desactivación de cuales quieras de las referencias que determinan el trabajo que desempeña cada señal.

Variable

- Confiabilidad en el sistema de comunicación
- Resguardo de los equipos de protección, respaldo, auxiliares.

V. OBJETIVOS

General

- Optimizar el sistema de control automático y de comunicaciones en los generadores de la planta energética Tipitapa Power Company, que permitirá un control seguro, confiable, eficaz y de mayor rapidez.

Objetivos específicos

- Monitorear los tiempos de respuesta de las eventualidades de alarmas por medio del software de desarrollo y control Wonderware plataforma 2014R2.
- Realizar pruebas de lazos de control activando, desactivando salidas y entradas discretas 0 y 1 para comprobar el accionamiento vs tiempo de respuesta.
- Describir los elementos que conforman el nuevo sistema de control automático.

VI. SISTEMA DE CONTROL

6.1 Descripción del sistema

El sistema de control de la planta generadora consta de un panel de control central y paneles de control de grupos electrógenos locales. El panel de control central se encuentra en sala de control de la planta generadora y consta de una sección común CFA901 y una sección de grupo electrógeno CFC01 para cada motor.

Los paneles de control de los grupos electrógenos locales CFE01 se encuentran Próximos a los grupos electrógenos. **(Ver anexo imagen #1)**

6.2 Principios Básicos de operación

Esencialmente la planta generadora se puede controlar desde el panel de control central CFA901 y desde las estaciones de los operadores de PC. El panel de control central contiene los pulsadores e interruptores operativos para los equipos de sincronización y los controles para los sistemas MV y LV de la planta.

Las funciones del motor se pueden monitorear en las estaciones de los operadores de PC. El panel del motor CFE0_1 contiene el controlador de velocidad, el regulador automático de tensión (AVR), el sistema PLC para el grupo electrógeno y los circuitos cableados de parada del motor.

Además de los mencionados, existen varios paneles de control locales que están conectados a sus unidades respectivas (por ejemplo, la unidad de separador posee sus propios paneles de control locales).

La puesta en marcha y la detención de la planta generadora se realizan manual o automáticamente con órdenes manuales, mientras que la regulación y sincronización de la potencia se pueden realizar en modo automático o manual.

Todas las medidas de ajuste y control manuales necesarias para el generador diesel se llevan a cabo mediante la unidad M de cada grupo electrógeno.

Las secciones del CFC01 contienen circuitos de desconexión del disyuntor, así con todos los relés de protección del motor, los selectores para los modos de funcionamiento del grupo electrógeno y los interruptores de control para el control manual. En modo Auto, el

software del sistema PLC lleva a cabo la secuencia de arranque, el control de la carga y la secuencia de parada. El sistema PLC controla de forma continua el estado del motor y, por lo tanto, resulta indispensable para poner en funcionamiento el grupo electrógeno. Los nombres de los paneles de control son los que se indican a continuación:

BJA0_1	Panel de control de módulo de tuberías
BJB0_1	Panel de la unidad de fueloil
BJN0_1	Panel del separador de aceite lubricante
BJM901	Panel de control de la unidad de sobrealimentación de HFO
BJG901	Panel de control del tanque de HFO
BJJ90_	Panel de la unidad separadora de HFO
BLA901	Panel de la unidad de aire del arranque
BLB901	Panel de la unidad de aire de trabajo
BJL901	Unidad de alimentación de HFO/LFO
BJD901	Unidad de bomba de descarga de HFO
BJF901	Unidad de transferencia de HFO
BEY901	Sistema CC
BJR901	Panel de la caldera

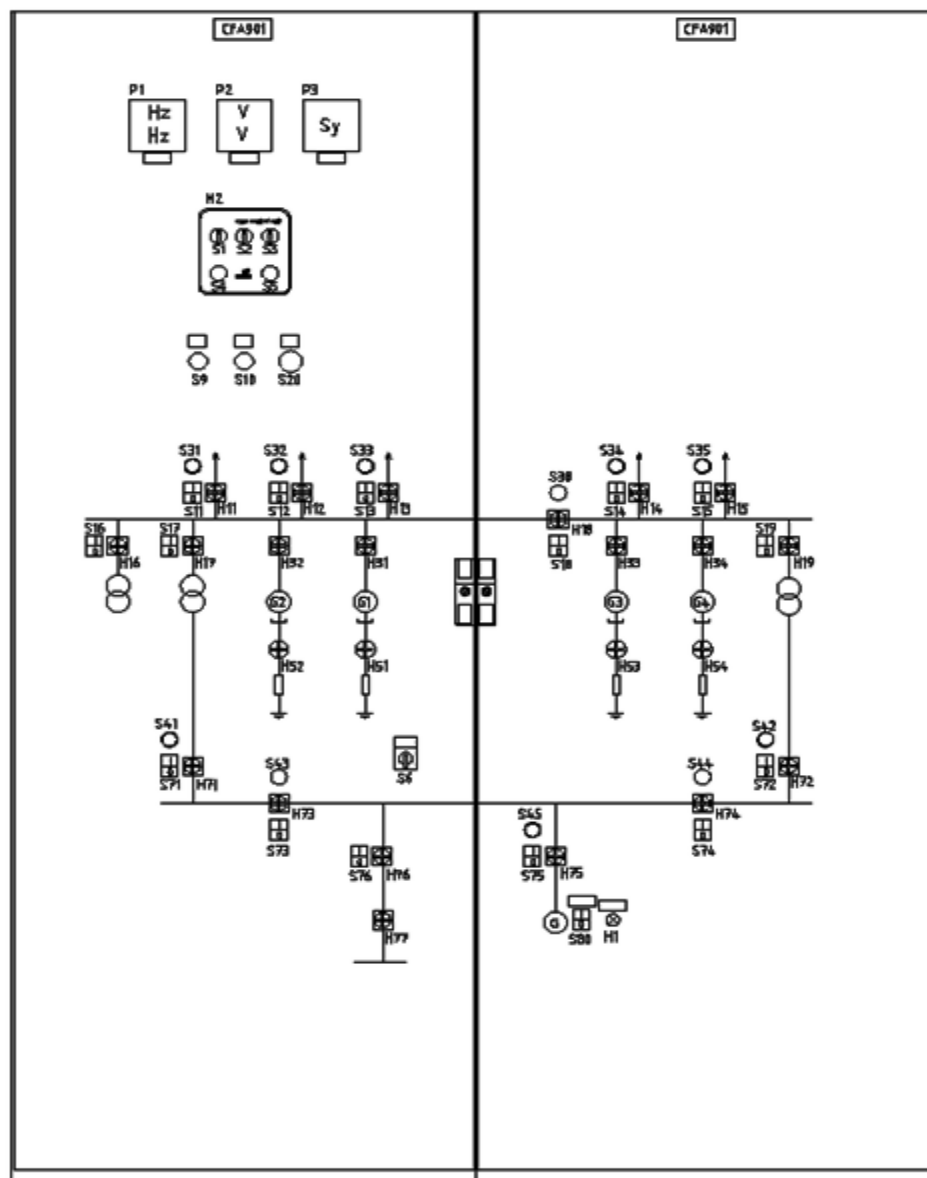
6.3 Panel de Control central

La sección común CFA901 consta de los equipos siguientes:

- Dispositivos de sincronización
- Relés de control auxiliares
- Luces indicadoras
- Esquema
- Sistema PLC común
- Bocina de alarma

Figura 1. Pulsadores e interruptores para control manual del CFA901

Los controles de sincronización se llevan a cabo mediante la unidad de control de sincronización M2 del panel de control.



6.4 Sistema de Tiempo Real

Un sistema de tiempo real es un procesamiento de información el cual tiene que responder a estímulos de entrada generados externamente en un periodo finito y específico.

Las respuestas correctas no solo dependen de los resultados lógicos sino también del tiempo en que son entregadas.

6.4.1 Características de un sistema de tiempo real

- Administración y control de tiempo
- Las tareas deben de ser asignadas y terminadas antes de su plazo.
- La ejecución correcta no solo considera la lógica sino también el tiempo en que se producen los resultados.

CONFIABILIDAD

- Predictibilidad
- Tolerancia a fallos
- Seguridad

6.4.2 Ambiente

Características dinámicas del ambiente.

6.4.3 Predictibilidad

Una característica distintiva de un sistema de tiempo real es la predictibilidad, la cual implica que debe ser posible demostrar o comprobar a prioridad que los requerimientos de tiempos se cumplen en cualquier circunstancia.

Los componentes de Tiempo Real que determinaran las distintas respuestas a señales digitales serán:

Sensores de temperatura, transmisores, transductores, actuadores, interfaces Análoga, Digital y computadora.

VII. Descripción del sistema autómatas PLC

La finalidad del sistema PLC es controlar las operaciones del motor y de todas las unidades auxiliares conectadas al PLC. Este también recopila todos los datos disponibles y los transfiere al sistema de interfaz hombre-máquina (HMI) del (Wonderware) Sistema de plataforma 2014R2 software para el manejo de operaciones, que incluyen interface Hombre Maquina para hacer la monitorización, supervisión, y adquisición de datos, operaciones móviles, gestión de producción y rendimiento.

El sistema PLC recopila todas las E/S conectadas a las tarjetas de E/S, ejecuta controles, genera alarmas y confecciona escala de medición para la estación del operador de WONDERWARE. Este lee todos los valores en la memoria del PLC. El operador también puede ingresar valores de ajustes y comandos de control desde Wonderware, que luego son transferidos automáticamente al PLC que responde de acuerdo con los valores de ajuste y los comandos de control establecidos.

El sistema PLC consta de un PLC de grupo de electrógeno para cada motor y un PLC común. Cada PLC incluye una CPU, que controla el proceso. El sistema está conectado al sistema de monitoreo a través de comunicación Ethernet.

7.1 Descripción general de hardware

Posee un módulo de alimentación CPS 524 00 (Para E/S remotas) alimenta a todas las tarjetas de E/S por medio de la tarjeta madre posterior. El tipo de módulo depende del consumo de los módulos. Este módulo no se puede desconectar de la tarjeta madre posterior mientras está conectada la alimentación eléctrica.

La CPU contiene el programa del PLC. Realiza todos los controles utilizando otras tarjetas para recopilar y controla las E/S. Contiene dos puertos Modbus para las comunicaciones externas en serie y un puerto Modbus Plus para las comunicaciones con los otros PLC. El PLC contiene una batería que le permite mantener el software cuando la alimentación eléctrica no está disponible.

7.2 Modbus

Modbus un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo (RTU) o cliente/servidor (TCP/IP), diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria, es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

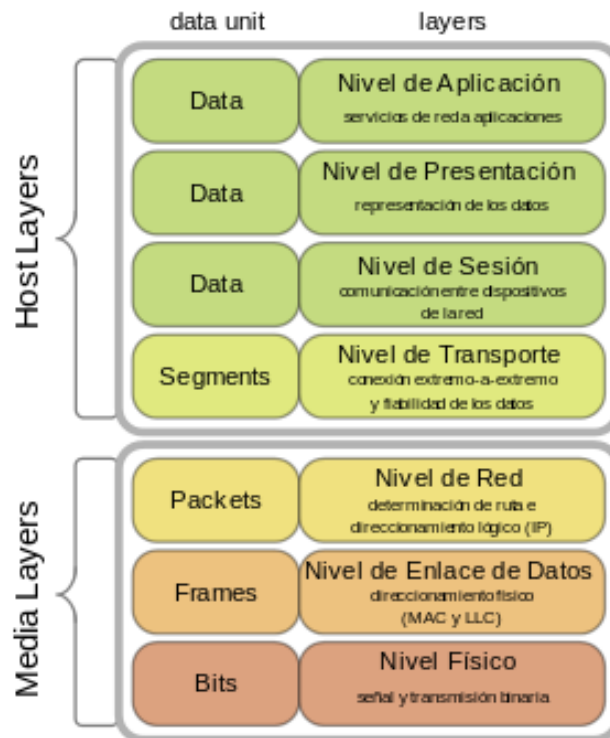
1. Es público
2. Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo
3. Maneja bloques de datos sin suponer restricciones

Protocolo: reglas que debe seguir cualquier capa del modelo OSI,

Protocolos industriales sobre Ethernet: Modbus TCP, Profinet IO, Ethernet/IP, GE SRTP, etc.

7.3 Modelo de interconexión OSI (Open System Interconnection)

Figura 2. Capas del modelo OSI



Nivel físico (Capa 1)

Es la que se encarga de la topología de red y de las conexiones globales de la computadora hacia la red, se refiere tanto al medio físico como a la forma en la que se transmite la información. Ejemplo: cable de pares trenzados (o no, como en RS232/EIA232), cable coaxial, aire, fibra óptica.

Nivel del enlace de datos (Capa 2)

Esta capa se ocupa del direccionamiento físico, del acceso al medio, de la detección de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo. Ejemplo: el switch se encarga de recibir los datos del router y enviar cada uno de estos a sus respectivos destinatarios (MAC)

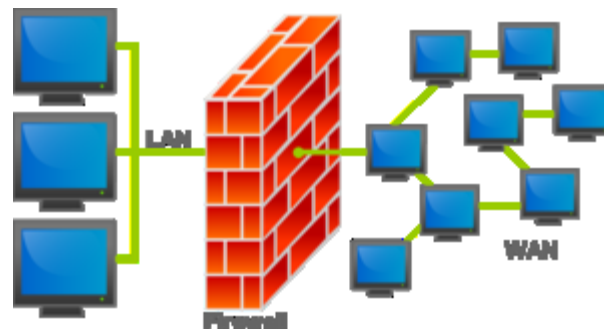
- *Protocolo MAC: (del inglés Medium Access Control, o control de acceso al medio) son un conjunto de algoritmos y métodos de comprobación encargados de regular el uso del medio físico por los distintos dispositivos que lo comparten.*

Nivel de red (Capa 3)

El objetivo de la capa de red es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aun cuando ambos no estén conectados directamente, Ejemplo: Los routers trabajan en esta capa, los firewalls actúan sobre esta capa principalmente, para descartar direcciones de máquinas.

- *Firewall: Los cortafuegos se utilizan con frecuencia para evitar que los usuarios de Internet no autorizados tengan acceso a redes privadas conectadas a Internet, especialmente intranets*

Figura 3. Nivel red capa 3



Nivel de transporte (Capa 4)

Capa encargada de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la máquina origen a la de destino, independizándolo del tipo de red física que esté utilizando. Sus protocolos son TCP (Transmission Control Protocol) y UDP (User Datagram Protocol); el primero orientado a conexión y el otro sin conexión. Trabajan, por lo tanto, con puertos lógicos y junto con la capa red dan forma a los conocidos como Sockets IP:Puerto (191.16.200.54:80).

- *Un socket es un proceso o hilo existente en la máquina cliente y en la máquina servidora, que sirve en última instancia para que el programa servidor y el cliente lean y escriban la información. Esta información será la transmitida por las diferentes capas de red.*

Direcciones IP de las máquinas (Ver anexo tabla 2)

Nivel de sesión (Capa 5)

Esta capa es la que se encarga de mantener y controlar el enlace establecido entre dos computadores que están transmitiendo datos de cualquier índole. Por lo tanto, el servicio provisto por esta capa es la capacidad de asegurar que, dada una sesión establecida entre dos máquinas, la misma se pueda efectuar para las operaciones definidas de principio a fin, reanudándolas en caso de interrupción.

Nivel de presentación (Capa 6)

El objetivo es encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres los datos lleguen de manera reconocible. Esta capa también permite cifrar los datos y comprimirlos. Por lo tanto, podría decirse que esta capa actúa como un traductor.

Nivel de aplicación (Capa 7)

Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos. Por ejemplo: POP, SMTP, FTP, UDP, DNS. Cabe aclarar que el usuario normalmente no interactúa directamente con el nivel de aplicación. Suele interactuar con programas que a su vez interactúan con el nivel de aplicación pero ocultando la complejidad subyacente.

7.4 Direcciones Modbus

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP). **(Ver anexo imagen #3)**

7.5 Direcciones Modbus Standard

Tabla 1. Direcciones Modbus

Tipo de datos	Nombre común	Dirección
Coils	Flags, salidas discretas	0000X
Digital Inputs	Entradas discretas/digitales	1000X
Analog Inputs	Entradas analógicas/análogas	3000X
Registros/Analog Outputs	Variables, salidas analógicas/análogas	4000X

7.6 Equipos utilizados para comunicación con PLC

7.6.1 PC-Clientes

El proyecto cuenta con tres (3) computadoras de escritorio que son utilizadas (2) para la interfaz del operador con el Sistema SCADA y (1) para visualizar y generar reportes de producción, se detallan las características de los tres equipos:

Figura 4. Estación de supervisión



Marca: Dell
Modelo: Optiplex 3020
Procesador: Intel Core i5 - 4ª Generación
RAM: 4 GB DDR3
Red: Ethernet LAN 10/100/1000
Disco duro: Sata 500GB- 7200RPM
Sistema Operativo: Microsoft Windows 7 Pro

Estos equipos no contienen ninguna lógica de operación de la planta, su única funcionalidad es mostrar datos al operador y que este a su vez pueda interactuar con el sistema. Sus nombres en el sistema son SCADACLIENTE-01 al 03, se encuentran ubicadas en la sala de control.

7.6.2 Servidor

El ARCSERVER-01 es el servidor que sirve de plataforma para el Galaxy Repository, en él se ejecutan todos los cálculos y funciones necesarias para generar alarmas, eventos, y almacenamiento de tendencias (Historian), todos las instancias de los objetos se ejecutan en este punto (GR_Engine). También es el encargado de las comunicaciones hacia los PLCs (DI Objects), procesa los datos y los envía a las PCs Clientes (InTouchViewApp). Se detallan sus características:

Figura 5. Servidor de comunicación



Marca: Dell
Modelo: PowerEdge T630
Chasis: Tower 5U
Intel Xeon E5-2600 v3
RAM: 16 GB

Memoria Cache: 2.5MB por núcleo
Disco Duro: SATA 2 TB

***La memoria caché:** es un búfer especial de memoria que poseen las computadoras, que funciona de manera semejante a la memoria principal, pero es de menor tamaño y de acceso más rápido. Es usada por el microprocesador para reducir el tiempo de acceso a datos ubicados en la memoria principal que se utilizan con más frecuencia.

El Servidor está ubicado en un apartado junto a la sala de control de la planta.

7.6.3 Switch

Un conmutador ESM es un dispositivo compacto de uso intensivo adecuado para aplicaciones industriales y que se puede instalar en un riel DIN estándar. Los conmutadores están disponibles en combinaciones de 4, 8, 10, 16 y 24 puertos. Dos de estos puertos, de enlace ascendente, que normalmente se utilizan para implantar las arquitecturas en anillo, que operan en fibra (multimodo, monomodo o combinada) y en velocidades de 10/100 Mbps hasta Gigabit.

En la Planta se cuenta con el siguiente modelo:

Marca: Schneider Electric
Modelo: TCSESM083F23F0
Puertos: 8
Velocidad: 10/100 Mbps
Redundancia: Si, tipo anillo

Figura 6. Switch

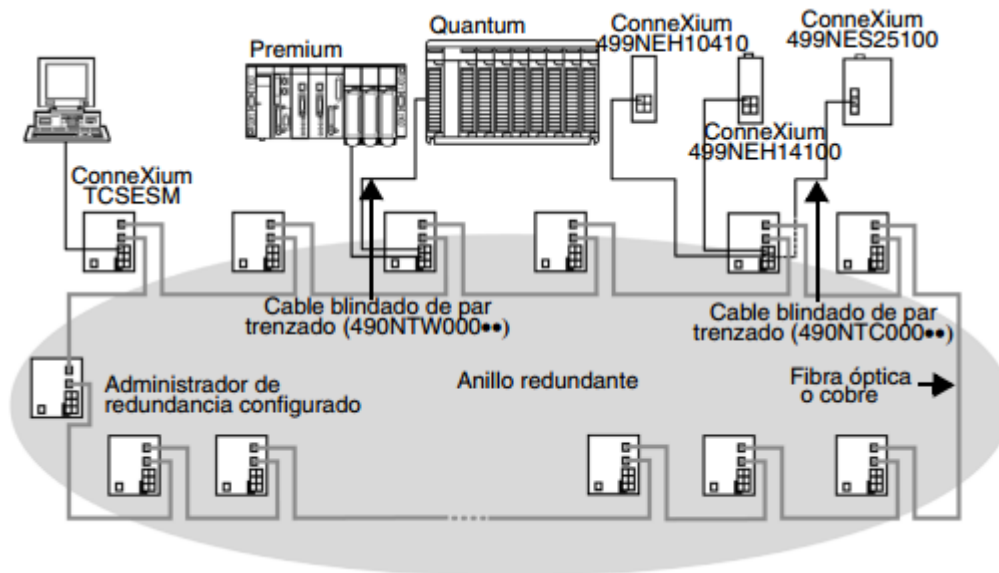


7.6.3.1 Estructura en anillo redundante

Con la función de administrador de redundancia de los módulos ESM, se pueden cerrar los dos extremos de una red principal en línea para formar un anillo redundante, como se muestra en las figuras siguientes. Los conmutadores ESM se integran en el anillo mediante los puertos de la red principal (puertos 6 y 7). Si falla una sección, el tiempo de

reacción se reduce a menos de 0,5 segundos para una cantidad de hasta 50 módulos ESM ubicados en cascada. La siguiente figura describe una estructura en anillo redundante.

Figura 7. Arquitectura de comunicación



7.6.3.2 Indicadores en Switch

Una vez se haya aplicado la tensión de funcionamiento, el software comienza y se inicia solo. Entonces, el dispositivo realiza una autoverificación. Varios indicadores luminosos se encienden durante el proceso, que dura aproximadamente 60 segundos.

7.6.3.3 Estado del dispositivo

Estos indicadores luminosos proporcionan información sobre las condiciones con respecto al estado operativo de todo el dispositivo.



Tabla 2. Operatividad del swtich

Indicador LED	Estado	Significado
P (alimentación) (Indicadores luminosos verde / amarillo)	Luz verde	Ambas fuentes de alimentación encendidas
	Luz amarilla	Sólo una fuente de alimentación encendida
	Apagado	La tensión de alimentación es demasiado baja
Fault (error)	Luz roja	El contacto de señal está abierto (por ejemplo, error)
	Apagado	El contacto de señal está cerrado (por ejemplo, sin error)
	Nota: Si el ajuste manual está activo en el contacto de señal, el registro de error es independiente del ajuste del contacto de señal.	
RM (administrador de redundancia) (Indicadores luminosos verde/ amarillo)	Luz verde	Función RM activa, puerto redundante no activo.
	Luz amarilla	Función RM activa, puerto redundante activo
	Apagado	Función RM no activa
	Luz verde parpadeante	Configuración incorrecta del hiperanillo (por ejemplo, el anillo no está conectado al puerto de anillo)
Standby	Luz verde	Operación de Standby activa
	Luz amarilla	Operación de Standby inactiva

7.6.3.4 Estado del puerto

Los indicadores luminosos verde y amarillo en los puertos individuales muestran información relativa al puerto. Durante el arranque, dichos indicadores luminosos muestran el estado del proceso de arranque.

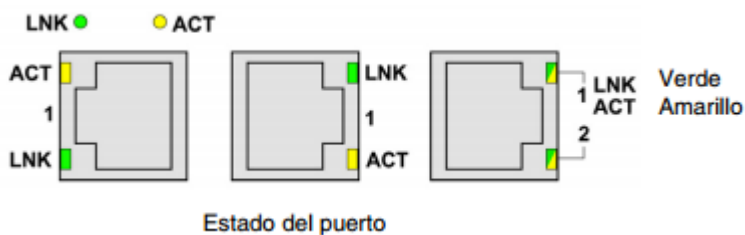


Tabla 3. Indicador en puertos

Indicador LED	Estado	Significado
LNK (estado de conectividad, indicador verde)	Apagado	Conexión no válida
	Luz verde	Conexión válida
	Luz verde parpadeante (1 vez/segundo)	El puerto pasa a Standby
	Luz verde parpadeante	El puerto está desactivado

	(3 veces/segundo)	
ACT (activación de datos, indicador amarillo)	Apagado	Sin recepción de datos en el puerto
	Luz amarilla parpadeante	Recepción de datos en el puerto

7.7 PLCs

El PLC utilizado es el M580 de Schneider Electric, es un PLC compacto, tiene tres puertos RJ45 Ethernet en la parte frontal de la CPU, un puerto de servicio, y 2 puertos de red del dispositivo. Ellos comparten algunas características comunes y distinciones como se describe a continuación:

Figura 8. Autómata PLC



7.7.1 Características comunes de los puertos Ethernet

Los 3 puertos tienen el mismo conector RJ45 y utilizan el mismo tipo de cables Ethernet.

Cada conector RJ45 tiene un par de indicadores LED:



El LED ACT es verde y el LED LNK se ilumina en verde o amarillo.

Tabla 3. Operación puerto RJ45

LED	Estado del LED	Descripción
ACT	OFF	No hay actividad en la conexión Ethernet
	ON / parpadeando en verde	Se están recibiendo y transmitiendo datos en la conexión Ethernet
LNK	OFF	No se ha establecido ningún enlace en la conexión
	ON verde	Enlace a 100Mbps
	ON Amarillo	Enlace a 10Mbps

7.7.2 Interfase hombre-máquina (HMIs)

Cada motor cuenta con una terminal de dialogo en el panel local, esta terminal cuenta con casi todas las características de un SCADA, a excepción del control y del almacenamiento de datos, esta tiene las siguientes especificaciones:

Figura 9. Terminal HMI



Marca: Schneider Electric

Modelo: HMIGTO5310

Conectividad: 1-RJ45 10BASE-T/100 BASE-TX

Tamaño: 10.4 pulg

Ventajas:

- Tecnología LED que permite ahorro de energía. Si el terminal lleva un rato sin funcionar entra en modo standby ("dimming") lo que reduce el consumo de energía
- Puerto Ethernet integrado para todos los terminales (webgate, ftp server, diag server) y 2 Puertos Series para comunicaciones con otros dispositivos.
- Actualización de Interfaces (USB 2.0 y Tarjetas SD) lo que permite conexión con dispositivos informáticos actuales

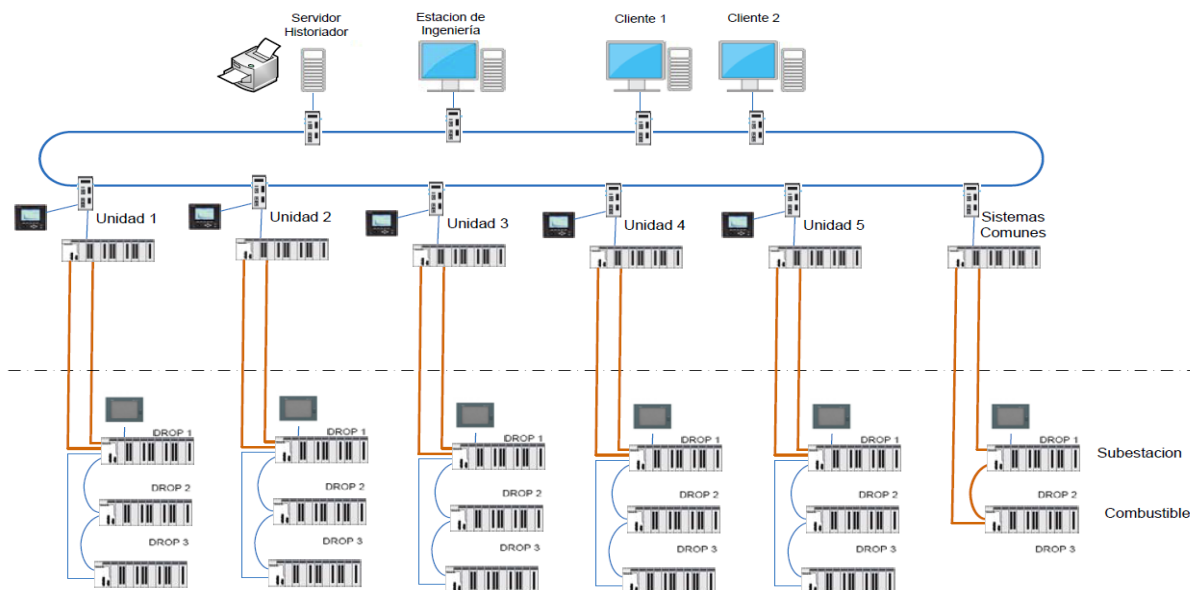
- La tarjeta SD de 4 Gb permite una gran capacidad de almacenamiento y el puerto mini-USB permite descargas de aplicaciones con cable informático standard
- El rango de temperaturas de funcionamiento se amplía hasta los 55°C
- Certificaciones industriales (ISA 1212, ATEX Cat 3 certificates) y Marina
- Cubiertas protectoras para proteger contra las sustancias químicas

7.7.3 Comunicaciones

La arquitectura de comunicaciones de la planta está dividida en tres niveles y conformada por los cinco (5) dispositivos vistos en la sección anterior, se detalla el diagrama de comunicaciones.

Figura 10. Arquitectura comunicación

Arquitectura Sistema de Control Tipitapa



Nivel 1

La comunicación entre los drops 1, 2 y 3 es de tipo anillo y se hace a través del protocolo Ethernet/IP, usando cable UTP CAT6. La terminal de dialogo utiliza el puerto de servicio del Drop 1 para obtener datos del PLC ubicado en control central, el protocolo de comunicaciones para este caso es Modbus TCP.

Nivel 2

La comunicación entre el Drop 1 y el PLC se hace a través del mismo principio de redundancia solo que usando fibra óptica multimodo de seis hilos. El protocolo utilizado es Ethernet/IP.

Nivel 3

La comunicación entre los PLCs de la sala de control, los sistemas SCADAs y el servidor se hace a través de una tipología tipo anillo mediante los switch, el medidor también se conecta al switch local de cada máquina, el cable usado es UTP CAT6. En este punto el SERVER utiliza el protocolo Modbus TCP para consultar a cada uno de los PLCs ubicados en control central, el PLC también usa Modbus TCP para leer los registros del medidor local. *En todos los niveles los dispositivos cuentan con una dirección IP única y puede verse desde cualquier punto de la red.

7.7.4 PLC de grupo electrógeno

El sistema PLC de grupo electrógeno controla todas las operaciones y recopila las E/S de un motor. Las operaciones típicas en un PLC de grupo electrógeno son el arranque y la detección del motor, el control de la potencia activa y reactiva, las interrupciones y las desconexiones.

El PLC de grupo electrógeno consta de un bastidor en el panel CFC01, tres bastidores en el panel CFE01 y un bastidor en el panel BJA0*1.

La unidad de monitoreo de potencia (VAMP260), el relé de protección del generador (VAMP210) y el relé de protección diferencial (VAM265) están conectados al PLC a través de Ethernet.

7.7.5 PLC común

Este PLC controla todas las operaciones y recopila las E/S comunes para la planta generadora. Las operaciones típicas de PLC común son el control de los disyuntores de puesta a tierra y los cálculos del punto de ajuste para el modo de potencia activa de la planta.

Todos los PLC y las estaciones Wonderware están interconectadas con la línea de Ethernet. La estación Wonderware lee continuamente los valores de medición de los PLC. Cuando es necesario, Wonderware escribe puntos de ajuste en los PLC y cuando ocurre una alarma, el sistema PLC la envía a wonderware.

También, el bus de comunicaciones Modbus Plus ha sido conectado a todos los PLC y a la PC WISE que van dirigidos a un servidor tipo Torre para mejor facilidad del programa software debido al cargador de aplicaciones.

La comunicación entre los PLC se realiza mediante Modbus Plus y Ethernet con fibra óptica. El sistema PLC comprueba automáticamente cuál de los dos funciona correctamente y lo utiliza para la transferencia de datos.

Cada nodo de la línea Modbus Plus debe tener una dirección de línea exclusiva. La estación Wonderware posee la dirección Modbus plus 21, y el PLC común posee la dirección 15. El primer PLC del grupo electrógeno posee la dirección 1, el segundo grupo electrógeno posee la dirección 2, etc. Las direcciones del dispositivo Modbus Plus se deben establecer correctamente aunque el Modbus Plus no se utilice.

7.7.6 Respuesta ante eventualidades

Cada vez que ocurre una alarma, el PLC le imprime un marcaje de hora con resolución de milisegundos. Este marcaje se transfiere automáticamente a las lista de alarmas y eventos de scada. El tiempo de escaneo del PLC que se implementó es de aproximadamente 5 milisegundos, lo cual provoca una restricción mínima de precisión. Si ocurre una alarma en un relé VAMP, la hora real se recibe directamente del relé, desde donde se transfiere al sistema scada. El PLC activa una señal digital que se conecta con la entrada del dispositivo VAMP. Una vez que el PLC lee la hora de activación de la entrada VAMP, la compara con la hora de activación de la salida del PLC, repite el procedimiento un número de veces y finalmente calcula, a partir de las diferencias, la hora real, y actualiza el reloj interno basado en software.

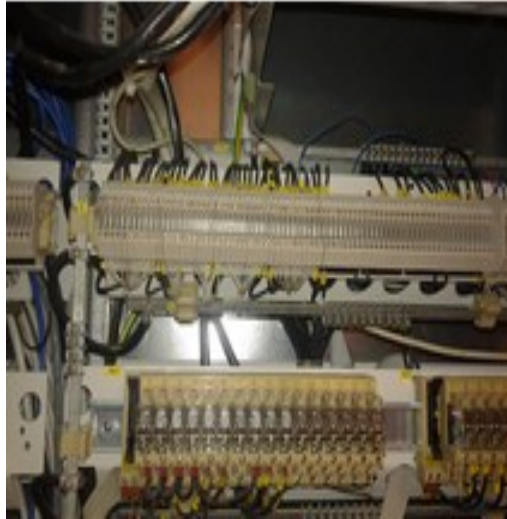
Figura 11. Sistema automático PLC



En la figura 11 se muestran los paneles centrales por cada uno de los generadores eléctricos en este caso son cinco, la figura dos y tres de izquierda a derecha muestra el PLC PM 633 ABB con una antigüedad de 18 años, la figura 4 de izquierda a derecha muestra el PLC M 580 en lugar del anterior pero haciendo un uso eficiente del espacio físico.

Se conectó un multímetro a una PC local para la activación de relés de entradas y salidas discretas para determinar que los tiempos de respuestas sean los requeridos, se determinó que se obtuvo mayor eficacia en el PLC de estudio con mejoras de tiempo a 5 ms, contrariamente al anterior que presentó tiempos de 40 ms, la activación de relés que determinan el cierre y apertura de los diferentes lazos de control.

Figura 12. Relés de E/S discretas



Esta figura muestra los relés que activan los diversos lazos de control que estarán al mando del PLC.

7.7.7 Elementos a sustituir en el sistema de comunicación

Figura 13. Desmontaje del autómata anterior



Como parte del proceso de mejora y optimización, se retiraron todos los elementos que conformaban parte de la recepción de comunicación y conversión de señales físicas a electrónicas, y de éstas a digitales del sistema anterior en el panel local de la sala de máquinas, lugar donde se instaló el nuevo modelo de interruptores de señales del PLC.

Después del desmontaje de los elementos convertidores antes utilizados se procedió al montaje de la plancha donde se encuentran los elementos que conforman el PLC 580M.

7.7.8 Comprobación de señales de temperatura locales

Figura 14. Montaje de elementos de autómatas propuesto



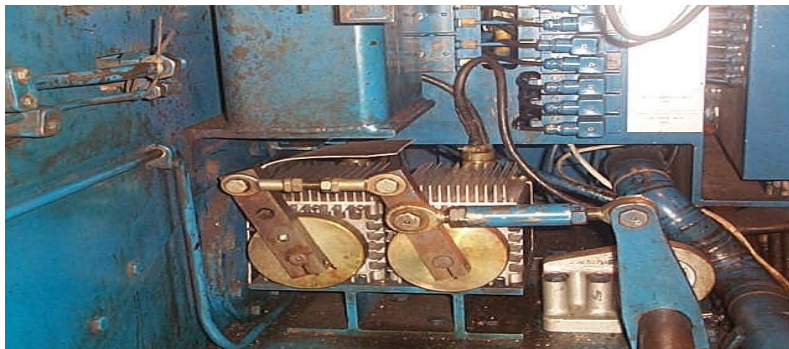
Una vez instalado los elementos del PLC se procedió a la verificación de señales introduciendo valores, a modo de simulación, de temperatura a los sensores de los cilindros, gases de escapes de las culatas, cojinetes del motor, en la caja de empalmes estos viene de la parte superior del motor, de igual forma, a los sensores de temperatura del generador, cojinetes lado carga y libre del mismo se accedió a la comprobación por medio de la pantalla HMI, una vez terminada la comprobación de las señales de temperatura fue colocada esta pantalla HMI en la parte superior frontal del panel Local de sala de máquinas.

Figura 15. Prueba en sensores lado carga y lado libre



Se simuló la presión externa a los transmisores de presión de combustible, agua, aceite para verificar la comunicación hacia la pantalla, este valor fue recibido en la pantalla HMI para lograr los ajustes adecuados.

Figura 16. Simulación efectuada a los transmisores de presión



7.7.9 Implementación de fibra óptica

Figura 17. Fusiónadora de fibra óptica



Para la comunicación desde el PLC central hasta el local en sala de máquinas, se tuvo que proceder a fusionar la fibra óptica que tendrá una distancia 80 metros, se colocó la caja fusionada en la parte lateral izquierda frontal del panel local para conectarla a los interruptores del PLC local.

Figura 18. Montaje en cluster de fibra óptica



Condiciones para la puesta en marcha del grupo electrógeno

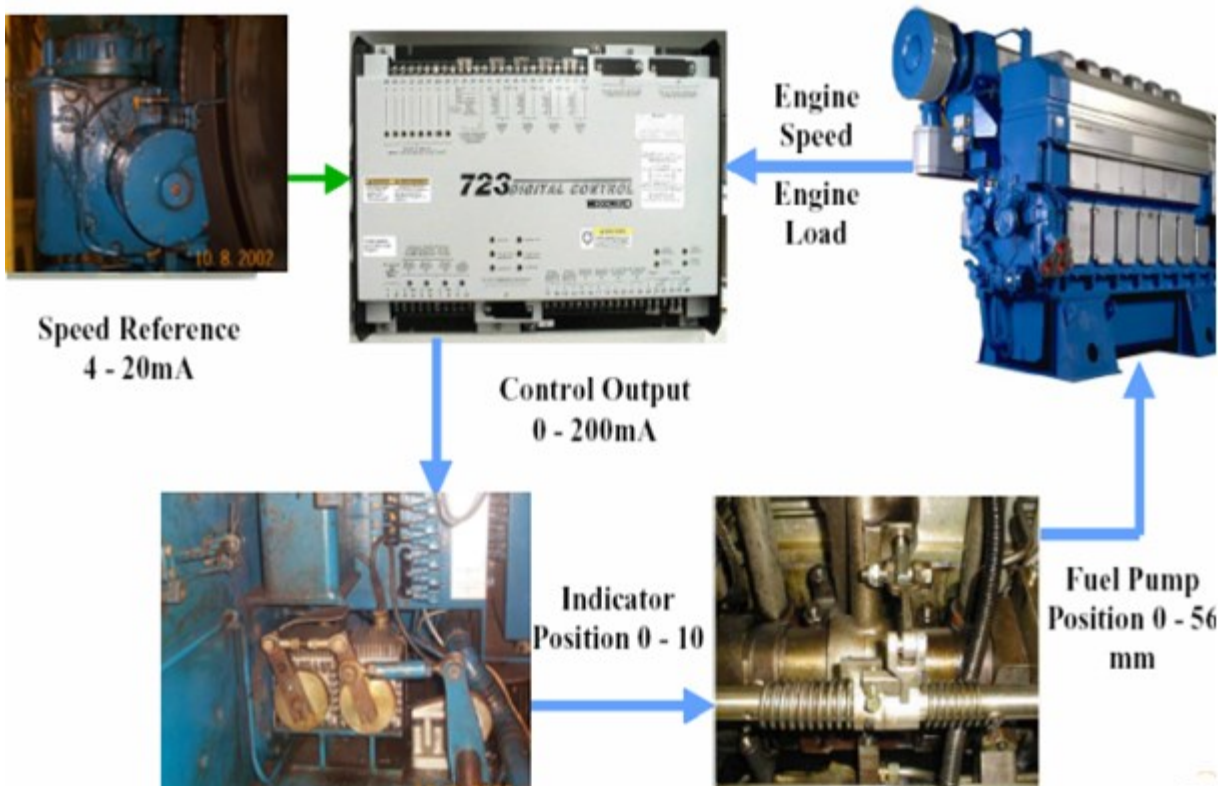
Una vez instalado el panel y la fibra óptica se obtiene la comunicación central con la local.

7.7.10 Lazos de control del sistema automático

Se muestra en la figura 19 los lazos de control principales del sistema automático, en este uno de los lazos es la velocidad del motor la cual está gobernada por el Woodward 723 que a su vez recibe instrucciones del PLC principal, el gobernador 723 envía una señal de 0-200mA para accionar al mínimo o máximo los actuadores que mueven las cremalleras acopladas a las bombas de inyección que alimentan al motorgenerador.

La referencia de velocidad de la máquina es medida por sensor magnético inductivo entre 4 a 20mA que envían un señal al gobernador 723 y éste manda a regular la velocidad del motor a 600 RPM nominal, caso de exceder este valor envía a disparo de la máquina por sobre velocidad.

Figura 19. Lazos de control de velocidad



Para la puesta en marcha todas las condiciones tienen que ser válidas para el arranque. Si alguna de las condiciones no es válida, el comando de puesta en marcha no será aceptado. Las condiciones que tienen que cumplirse obligatoriamente son:

- Todas las paradas de emergencia están inactivas (Planta, motor, sala de control y panel local)
- La alarma de interrupción del motor debe estar inactiva
- La alarma de desconexión del disyuntor está inactiva
- El MCB no está abierto en el circuito AVR
- Estado de los disyuntores
- El motor no está funcionando
- La orden de parada y la parada automática están inactivos

- La alarma de fallo de puesta en marcha está inactiva
- La presión del aire de arranque es > 15 bar
- La presión del aire de control es > 15 bar
- La presión de entrada de fueloil es > 2.0 bar
- La temperatura de salida del agua AT es 60°

VIII. Sincronía del motor generador

8.1 Sincronización en modo AUTOMATICO

Cuando el motor ha estado en funcionamiento y la tensión del generador ha permanecido conectada durante aprox. 10 segundos y se ha seleccionado el modo de control AUTO, el sistema PLC envía una orden de sincronización al dispositivo de sincronización.

Luego del período de 10 segundos, durante el modo de funcionamiento AUTO, se puede iniciar la sincronización mediante el botón selector de sincronización o ejecutando el comando de puesta en marcha del motor.

8.2 Condiciones para la sincronización

El PLC también comprueba las condiciones para la sincronización tanto en el modo automático como manual, las condiciones para la sincronización son:

- El motor está en funcionamiento
- La tensión del generador está activada
- La excitación está activada
- El disyuntor del generador está abierto
- El carro está en posición de servicio
- La alarma de desconexión del disyuntor está inactiva y el circuito de la desconexión del disyuntor ha sido reconocido
- La tensión de la barra colectora está activada

8.3 Modos de funcionamiento

8.3.1 Control por KW

En el modo de control automático, tras el cierre del disyuntor del generador, el controlador WOODWARD 723 aumenta lentamente la potencia activa hasta el valor establecido por la estación scada a través del PLC de grupo electrógeno. Si el valor de ajuste es inferior

a 1000 kW (valor predeterminado) durante la sincronización, el mismo se establece en 1000 kW.

8.3.2 Descarga y detección

8.3.2.1 Descarga

Cuando el motor trabaja en el modo de funcionamiento por kW, el comando de parada envía una orden de descarga al controlador WOODWARD 723. Si el motor trabaja en el modo de funcionamiento por kW y se selecciona el modo de control AUTO, el comando de parada automática también envía una orden de descarga al controlador.

Si el motor está funcionando en el modo de caída, el operador debe reducir la carga manualmente y luego abrir el disyuntor desde la unidad de control M1. La ejecución del comando de parada no provoca la descarga.

Cuando se completa la descarga, el controlador envía la orden de apertura al disyuntor del generador. El motor se detendrá al cabo de 30 segundos de funcionamiento para enfriamiento.

8.3.2.2 Detección

Cuando el disyuntor del generador se abre, el motor se detiene automáticamente tras 30 segundos de funcionamiento de enfriamiento. Si se detiene el botón de parada durante el funcionamiento de enfriamiento, el motor se detiene inmediatamente. Durante el funcionamiento de enfriamiento, la secuencia de detección se puede interrumpir mediante el comando de arranque en el modo manual, o mediante el botón de arranque de arranque de sincronización o el comando de puesta en marcha en el modo automático (AUTO), aquí el motor vuelve a sincronizar.

Cuando el motor se detiene, la orden de parada del motor (solenoides de parada) permanece activa durante 1 minuto. Durante este período, no es posible ejecutar una nueva orden de arranque.

8.4 Control de potencia activa

Durante el funcionamiento en paralelo con la rejilla en el modo AUTO o manual, la potencia activa del grupo electrógeno es controlada por el PLC del grupo electrógeno. En el modo control AUTO, el sistema PLC remoto ubicado en el panel CFE0*1, suministra una señal analógica de 4-20 mA, igual al valor del ajuste de la estación Wonderware, al controlador WOODWARD 723.

El valor de ajuste es proporcionado al controlador cuando las condiciones siguientes son válidas, de lo contrario, el valor de ajuste se establece en 0 kW:

- El motor está en el modo de control AUTO
- El disyuntor del generador está cerrado
- La tensión del generador está activada
- El motor está en funcionamiento
- La descarga no está activada

Durante el funcionamiento en paralelo con la rejilla en el modo de control MANUAL, el sistema PLC controla la potencia activa máxima permitida y transfiere los interruptores de aumento y disminución de combustible al controlador WOODWARD 723.

Durante el funcionamiento en el modo aislado, el controlador WOODWARD 723 controla la potencia activa de acuerdo con el modo de funcionamiento seleccionado y los interruptores de aumento y disminución de combustible.

8.5 Mediciones de disminución

Cuando se activa la disminución (reducción automática de carga), la carga máxima del grupo electrógeno se disminuye según las condiciones ambientales de la instalación. El sistema PLC calcula la potencia máxima permitida en el tiempo real para cada grupo electrógeno. La disminución se activa en las siguientes condiciones:

- La temperatura del agua de enfriamiento AT es $< 70\text{ }^{\circ}\text{C}$

- El punto crítico de separación del enfriador de aire de carga (temperatura de aire de carga-entrada de agua BT al EAC) es $> 20^{\circ} \text{ C}$

Las condiciones siguientes disminuirán la potencia activa máx. Predfinida en las condiciones ISO:

- La temperatura de entrada de aire es $< 15^{\circ} \text{ C}$ $> 35^{\circ} \text{ C}$
- La temperatura del refrigerante de aire de carga es $> 45^{\circ} \text{ C}$
- La altitud de la instalación es $> 100 \text{ m}$
- La contrapresión de los gases de escape es $> 500 \text{ mm H}^2 \text{ O}$

Si alguna de estas mediciones de disminución permanece fuera del intervalo durante más de 10 segundos, la potencia máxima permitida será el 85% de la salida eléctrica nominal.

El comando de reducción de carga también reduce el valor de la potencia máxima permitida.

8.5.1 Reducción de la potencia activa.

El exceso de la potencia máxima permitida provoca la disminución de la señal de salida de potencia activa al controlador WOODWARD 723.

Durante el funcionamiento en paralelo con la rejilla en el modo de control AUTO, y si la potencia activa solicitada excede la potencia máxima permitida por alguna razón ajena al tiempo predefinido (valor predeterminado: 10 segundos), el sistema PLC genera una alarma de disminución. La alarma permanece activa mientras la potencia activa solicitada excede la potencia máxima permitida.

Si por alguna razón, en cualquier modo de funcionamiento, la potencia activa del grupo electrógeno excede la potencia máxima permitida durante 1 minuto, se generará una alarma Maximum allowed power exceeded. Reduce Load. Shutdown in 5 minutes (Potencia máxima permitida excedida. Reduzca la carga. Interrupción en 5 minutos). Si la potencia activa no se reduce, se producirá la interrupción. Si la potencia activa se reduce lo suficiente, la alarma desaparece y se genera el evento Carga correcta, interrupción cancelada.

8.5.2 Control de potencia reactiva (Control por $\cos \Phi$)

Cuando el motor funciona en paralelo con la rejilla en el modo de control AUTO, el sistema del PLC controla la potencia activa (factor de potencia) mediante el envío de una señal de mA al AVR de acuerdo con el valor de ajuste de la estación WOIS. El PLC envía impulsos de aumento o disminución al AVR para aumentar o disminuir el valor del $\cos \Phi$. En el modo aislado, el control se desactiva.

8.5.3 Sincronización de la rejilla

Al sincronizar el disyuntor de la rejilla, cada motor que funciona en modo aislado se debe cambiar del modo síncrono al modo de caída para que los motores puedan recibir los impulsos de control de sincronizador. El PLC comprueba que los motores están funcionando en el modo aislado y los cambia al modo de caída.

El cambio al modo de caída se realiza individualmente con pequeñas demoras (valor predeterminado: 2 Segundos/motor), Si se cambia 4 motores regresarán al estado previo.

8.5.4 Desconexión del disyuntor del generador

Cuando se produce la desconexión del disyuntor del generador, el sistema PLC detiene automáticamente el motor tras 2 minutos de funcionamiento de enfriamiento. La alarma de desconexión del disyuntor permanece activa hasta que es restablecida desde la unidad M1. El restablecimiento sólo es posible luego de eliminar todas las alarmas de desconexión del disyuntor.

El PLC genera una señal de desconexión en los casos siguientes:

- VAMP210, sobrecorriente
- VAMP210, cortocircuito
- VAMP210, sobretensión
- VAMP210, sobretensión máxima
- VAMP210, potencia inversa
- VAMP210, subreactancia
- VAMP210, sobrefrecuencia
- VAMP210, tensión residual
- VAMP210, fallo de tierra
- VAMP210, corrientes parásitas

- Fallo de excitación

El fallo de excitación se genera cuando la excitación está activada pero la tensión desaparece del relé de supervisión de tensión del generador durante 5 segundos.

8.5.5 Interrupción del motor

Cuando se aprieta uno de los botones de emergencia o cuando las mediciones siguientes exceden lo que por debajo de los límites de interrupción:

- La temperatura promedio de los gases de escape del cilindro es superior o igual a 550°C durante más de 100 segundos.
- La temperatura de la camisa del cilindro es superior o igual a 150°C durante más de 2 segundos
- La temperatura del rodamiento principal es superior o igual 120°C durante más de 2 segundos
- La temperatura del rodamiento del generador es superior o igual a 100°C durante más de 2 segundos
- La presión de entrada de aceite lubricante es inferior o igual a 2.5 bar durante más de 2 segundos
- La presión de entrada de agua AT es inferior o igual a 1.5 bar durante más de 2 segundos
- La presión de entrada de agua BT es inferior o igual a 1.5 bar durante más de 2 segundos
- La temperatura de salida de agua AT(banco A o B) es superior o igual a 110 °C durante más de 2 segundos.
- Presión de entrada de aceite lubricante baja (interrupción de presión)
- Sobre velocidad del motor (Mecánica(j))
- sobre velocidad del motor(de SPEMOS)
- Desconexión del protector de corriente diferencial del generador
- Alarma común de control de velocidad
- Interrupción de parada automática
- El exceso de la potencia máxima permitida

Cuando la alarma de la interrupción aparece, permanece activa hasta su restablecimiento desde la unidad M1. El restablecimiento desde la unidad M1. El restablecimiento sólo es posible luego de eliminar la razón que generó la alarma de desconexión.

Reducción de la carga del motor

Durante el funcionamiento en paralelo con la rejilla en el modo de control automático, la reducción de la carga reducirá la potencia del motor en un 15%, sin embargo, la

potencia no puede caer por debajo del límite mínimo de potencia que es aproximadamente 30% de la salida eléctrica nominal del motor.

Durante el funcionamiento en paralelo con la rejilla en el modo de control manual o en modo aislado, la reducción de la carga sólo generará una alarma para el operador.

Condiciones de activación y desactivación de la alarma de reducción de carga:

- La reducción de la carga del motor se activa si el valor promedio de la temperatura de los gases de escape para un cilindro es superior o igual a 520°C durante más de 10 segundos, la alarma se desactiva si los valores promedio de la temperatura de los gases de escape para todos los cilindros son inferiores a 520°C durante más de 10 segundos, como función de respaldo, la interrupción ocurrirá si el valor promedio de la temperatura de los gases de escape para un cilindro es superior o igual a 550°C durante más de 100 segundos.
- La reducción de la carga del motor se activa si la temperatura de salida del agua AT es superior o igual a 100°C durante más de 10 segundos; la alarma de reducción de carga se desactiva si la temperatura de salida de agua AT es inferior a 100°C durante más de 10 segundos.
- La reducción de la carga se desactiva si la razón que la generó permanece inactiva durante 2 minutos.

8.6 Parada automática del motor

La alarma de parada automática descarga el motor, ejecuta la interrupción tras la demora predefinida o genera una alarma que alertará al operador de la máquina, la operación depende del modo que sea seleccionado y de la medición que causó la parada automática.

Si el disyuntor del generador está abierto, cualquier parada automática detendrá el motor inmediatamente; el motor no se puede poner en marcha si alguna de las paradas automáticas está activa.

Paralelo con la rejilla en modo automático

Durante el funcionamiento en paralelo con la rejilla en el modo de control automático, la parada automática del motor activa la secuencia que descarga el motor y abre el disyuntor del generador, si la descarga fue causada por una parada automática, no se puede cancelar aunque la razón que generó la parada automática haya desaparecido.

Si la parada automática está activada, cuando el disyuntor del generador se abre, el motor se detiene inmediatamente, cuando la parada automática desaparece, el motor funciona

en marcha lenta durante 30 segundos. Durante el período de funcionamiento de enfriamiento, la secuencia de parada se puede interrumpir.

8.7 Otros modos de funcionamiento

Si la parada automática ocurre en cualquier otra condición de funcionamiento cuando el disyuntor del generador está cerrado, las acciones causadas por la parada automática dependerán del grupo al que pertenece la parada automática.

Las paradas automáticas se dividen en varios grupos:

8.7.1 Mediciones que causan interrupción tras 15 minutos

La parada automática se activará si la desviación del valor de la temperatura promedio de los gases de escape para un cilindro respecto al promedio de la temperatura de los gases de escape de todo el motor es superior o igual a $\pm 70^{\circ}\text{C}$ y la condición se mantiene como verdadera durante más de 300 segundos.

Cuando se activa la parada automática, el sistema PLC genera la alarma (fallo de encendido del motor) y manda a comprobar el suministro de combustible y a interrumpir en 15 minutos.

Por tanto al ocurrir esta alarma, el operador de la maquina deberá tomar la decisión de ir a visualizar el suministro de combustible y evitar la interrupción. Cuando la alarma desaparece el PLC genera un evento (Interrupción cancela).

8.7.2 Mediciones que causan interrupción tras 5 minutos

La parada automática se activara si la temperatura del devanado del generador es superior o igual a 150°C durante más de 15 segundos o la temperatura del aire de carga es superior o igual a 75°C durante más de 10 segundos.

Cuando es activada la parada automática, el sistema PLC genera una alarma (carga el motor excesiva, reducir carga hasta 15%. Interrupción en 15 minutos). El operador debe tomar las medidas necesarias para reducir la carga y evitar la interrupción, cuando la alarma desaparece, el PLC genera un evento (Carga de motor correcta. Interrupción cancelada).

8.7.3 Mediciones que causan interrupción tras 5 minutos (Sin reducción de carga)

La parada automática se activará si la temperatura de entrada de aceite lubricante es superior o igual a 80°C durante más de 2 segundos o la parada automática del detector de niebla de aceite está activada.

La temperatura de entrada de los gases de escape de la turbina A o B es superior o igual a 600°C durante más de 30 segundos, la temperatura de salida de los gases de escape

de la turbina A o B es igual o superior a 450°C durante más de 30 segundos, cuando se activa la parada automática, el sistema PLC genera una alarma (interrupción del motor en 5 minutos).

8.7.4 Mediciones que causan interrupción tras 5 minutos (No se ejecuta la interrupción)

Estas mediciones sólo generan una alarma, no se ejecuta la interrupción. La alarma se activará si la presión del aire de control es inferior o igual a 10 bar durante más de 5 segundos.

8.8 Otros controles

8.8.1 Controles del PLC grupo electrógeno

El PLC de grupo electrógeno controla el convertidor de frecuencia de los radiadores para mantener la temperatura del agua de enfriamiento dentro de los límites definidos.

El convertidor de frecuencia del radiador se enciende y apaga según el estado de funcionamiento del motor, la frecuencia de control del radiador se basa en la interpolación lineal de la temperatura mínima – máxima del agua de enfriamiento después de los radiadores y los límites min-máx. de la frecuencia.

8.9 Fallos

8.9.1 Fallos de comunicación entre PLC

La comunicación entre PLC se realiza a través de Modbus Plus y Ethernet. Si ambos métodos de comunicación fallan, se generará una alarma.

La comunicación es muy crítica para el sistema, los PLC del motor funcionan correctamente como unidades independientes, pero deben obtener continuamente datos válidos del PLC común sobre los buses de comunicaciones, el PLC común incluye, por ejemplo, la información sobre el estado de la sincronizador y el disyuntor. Si la red Modbus plus incluye dos nodos con la misma dirección, la comunicación falla.

IX. Monitoreo y control

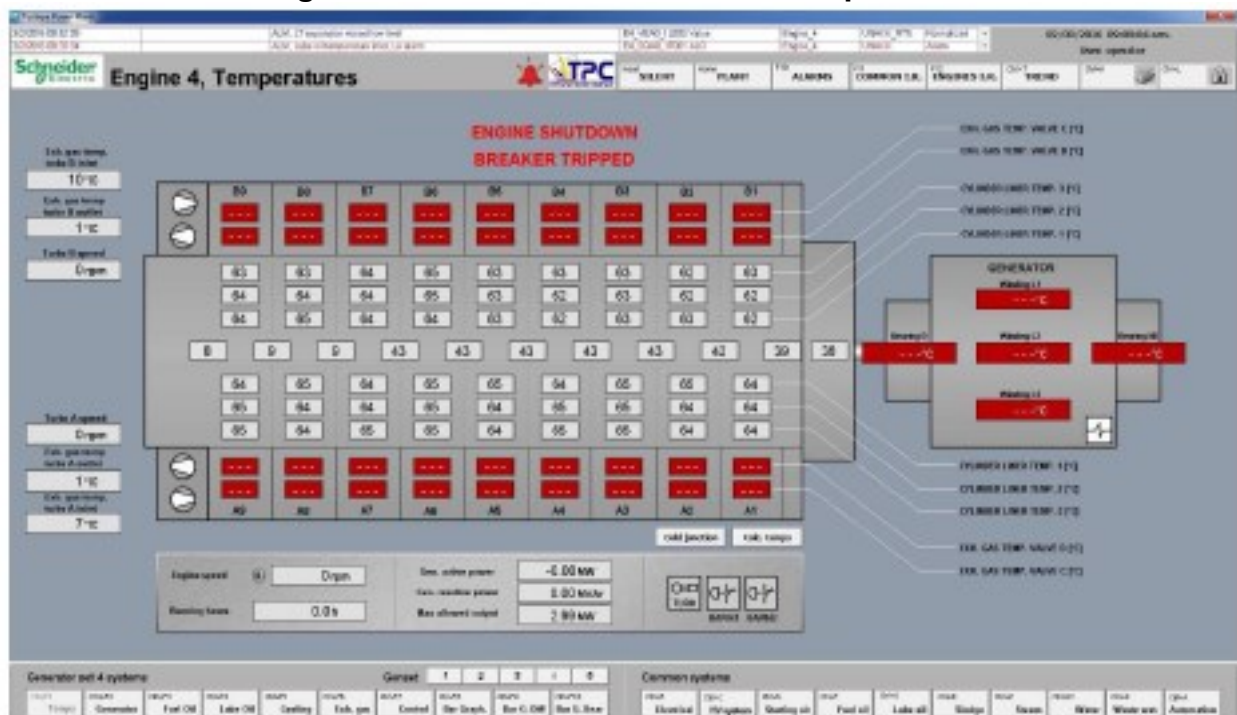
El monitoreo y control se realiza a través del sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) instalado en una PC-Cliente e interactuando con un servidor principal, el SCADA recibe los datos a través de comunicación desde los distintos PLCs, y de esta forma le permite al operador contar con lecturas en tiempo real y así poder usar el SCADA como una herramienta para poder monitorear y controlar el proceso.

El presente sistema de automatización está basado en instrumentos de medición, dispositivos de comunicación y equipos de interface (PC) para el monitoreo de los diferentes equipos de generación. Y así obtener datos de los mismos en una PC.

9.1 Monitoreo de temperatura

En esta pantalla se pueden observar principalmente las temperaturas que están relacionadas con los gases de salida de las válvulas y además se incluyen las temperaturas de los cilindros, tanto del lado A como en el B. Adicional a lo anterior, se muestran otros datos importantes, tales como: La velocidad del motor, las horas de operación actual, la potencia activa y reactiva, entre otros.

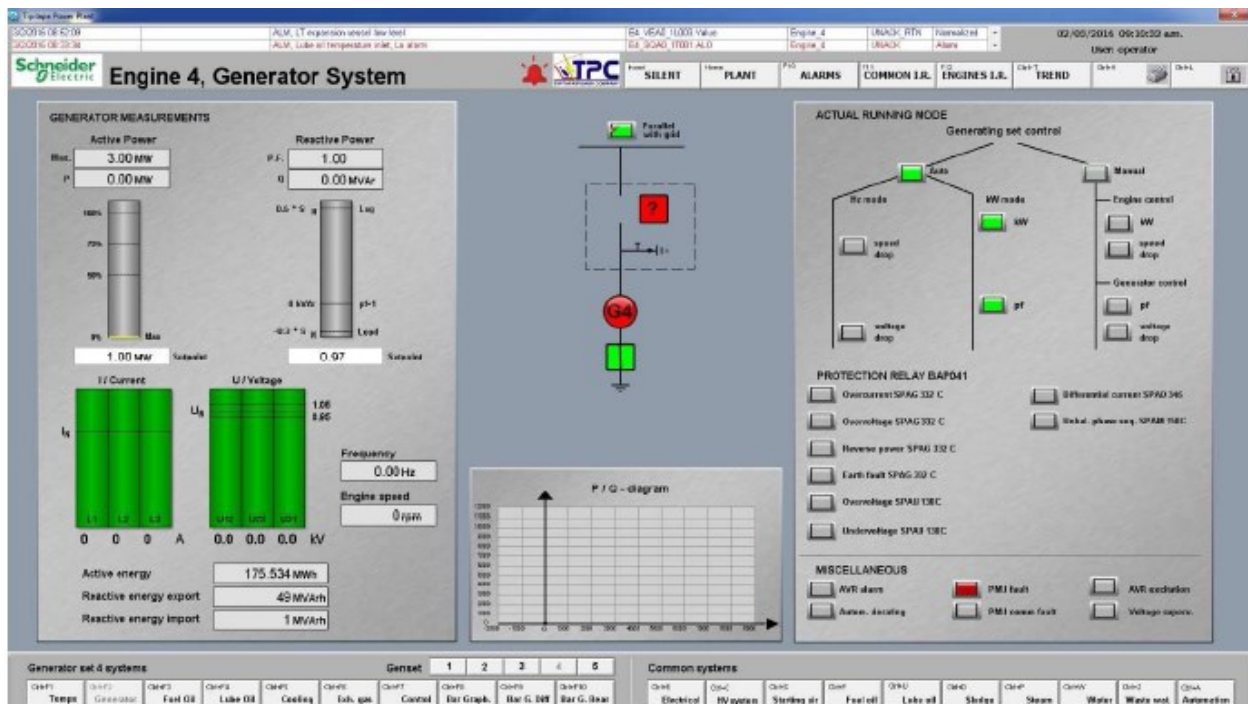
Figura 11. Prueba de medición de temperatura



9.2 Sistema de generación

En la figura 12 se muestra la información involucrada con el sistema de generación de cada motor. Algunos datos importantes que se pueden obtener a través de la misma son: Máxima potencia activa del generador así como el valor de consigna de la anterior y para el factor de potencia. Se incluye además el diagrama de potencia activa / potencia reactiva. Por otro lado se incluye el estado de la protección de relé y el modo de operación seleccionado, es decir, si la máquina se está operando de forma automática o manual.

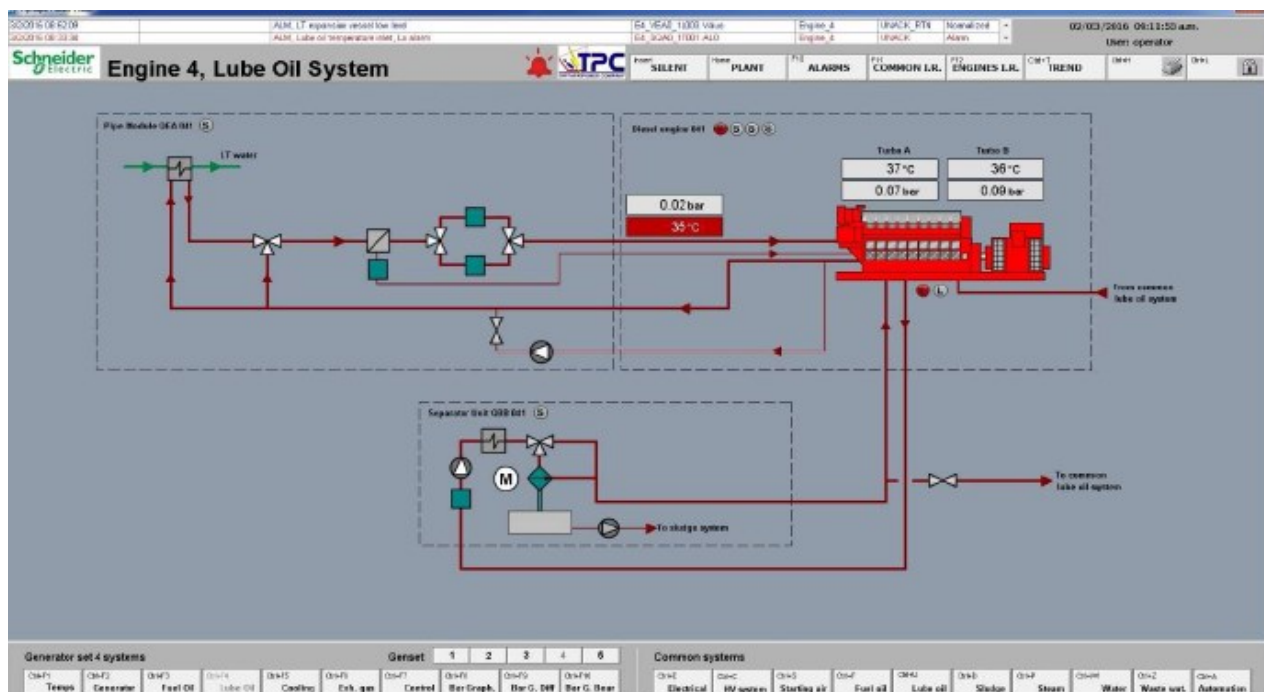
Figura 12. Pruebas en el sistema generador



9.3 Sistema de lubricación

En la pantalla posterior se observan detalles referentes al sistema de lubricación. Dentro de estos se pueden mencionar la presión y temperatura del aceite de lubricación en el lado A y de igual forma del lado B del motor. Algo que se debe resaltar sobre esta pantalla es que, adicional a lo anteriormente mencionado, aquí se pueden observar el ciclo de flujo del lubricante durante el tiempo de funcionamiento de la máquina, esto lo indican las flechas establecidas en la captura de pantalla de la figura 13.

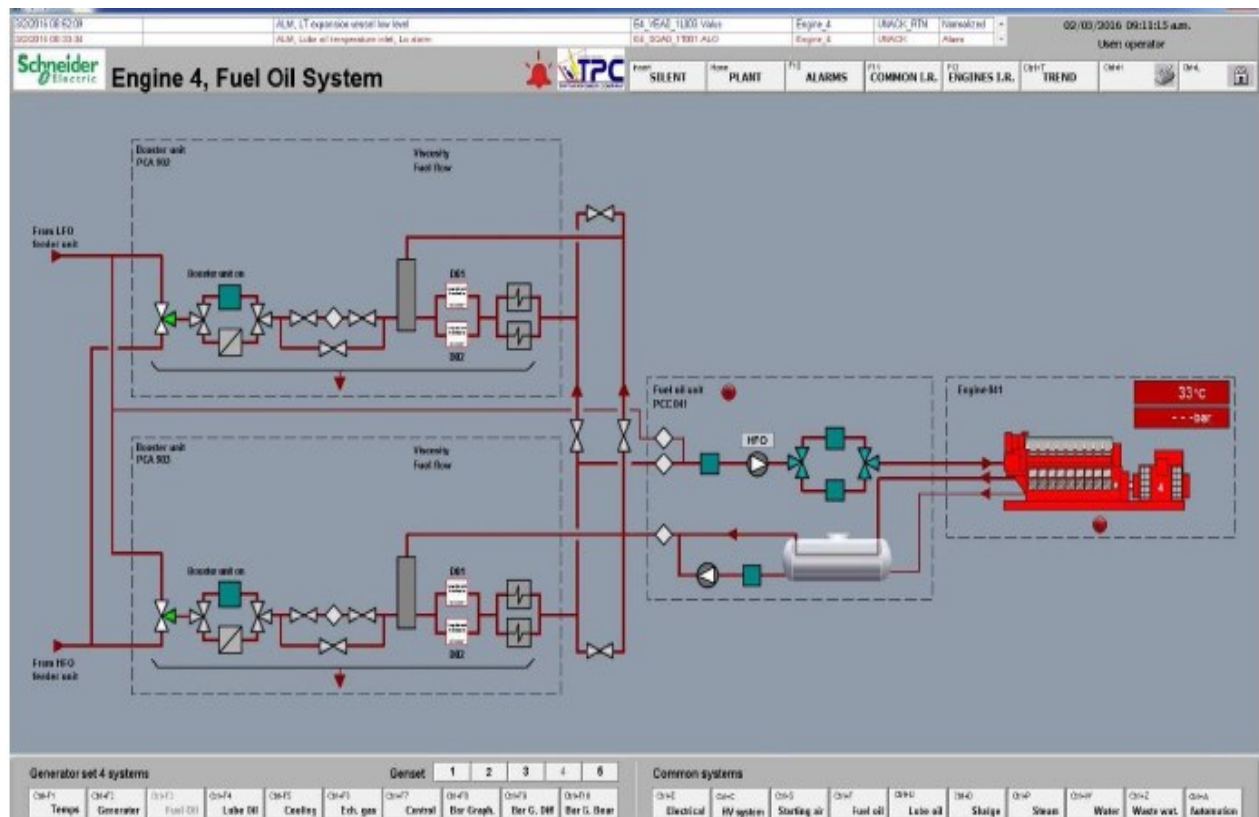
Figura 13. Ciclo del flujo de lubricante



9.4 Sistema de Combustible

En la pantalla posterior se observan detalles referentes al sistema de combustible. Dentro de estos se pueden mencionar la presión y temperatura de combustible en la entrada del motor. A vez se puede ver el estado de las bombas tanto de alimentación y de retorno. Todo el sistema de válvulas es local y automatizado que van directamente a un tanque de reserva de combustible llamado Buster que entrega el combustible al motor, en este sistema de tubería existe un respaldo de Diesel.

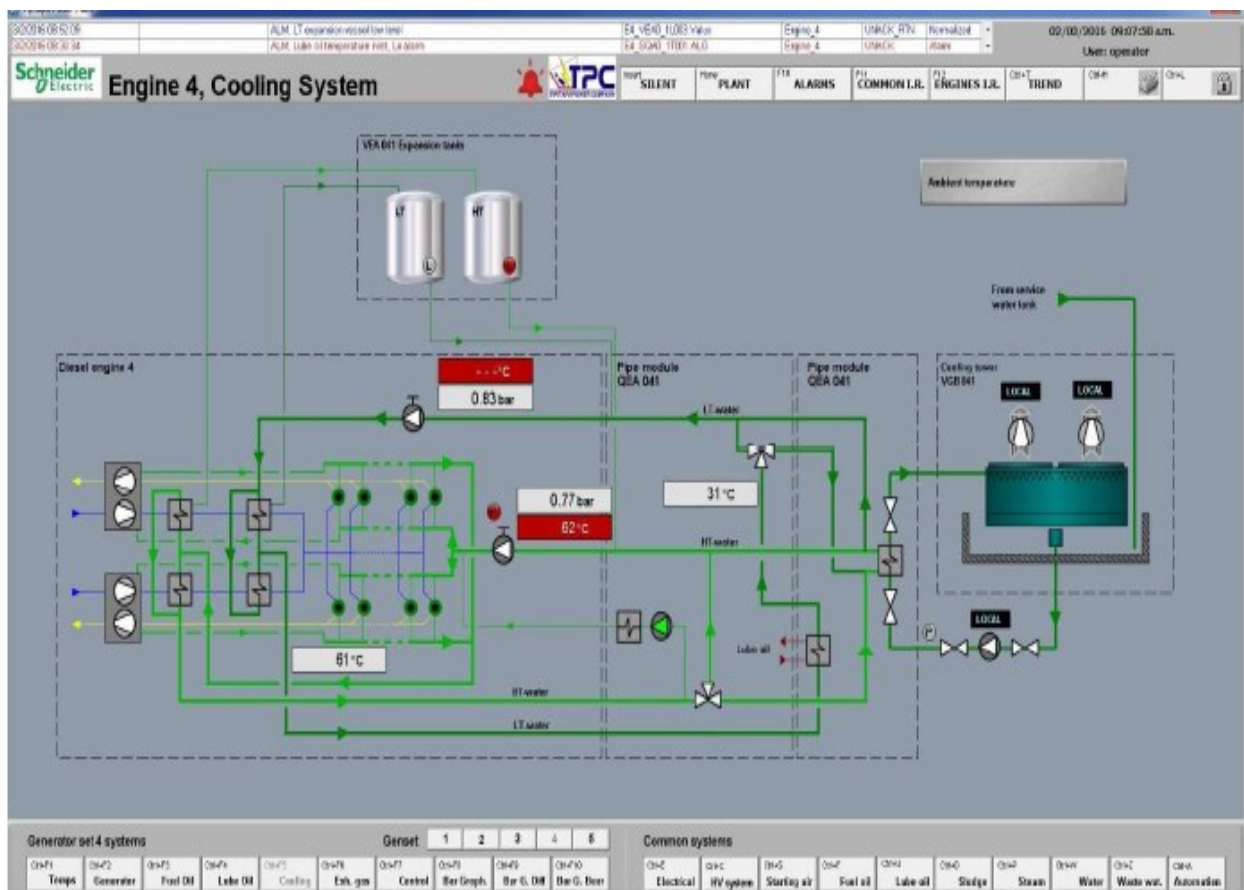
Figura 14. Pruebas de medición de combustible



9.5 Sistema de enfriamiento

En relación al sistema de enfriamiento del motor, esta pantalla muestra información involucrada con el agua de alta y baja temperatura, es decir, la temperatura y presión a la que dichos fluidos se encuentran. Al igual que con el sistema de lubricación, en este diagrama de la figura 15, se muestra el ciclo que el agua de alta y baja temperatura recorren durante el funcionamiento del equipo. Se detalla que el sistema de agua una vez que ya enfrió por medio de sistema de enfriamiento externo de torres de agua de recirculación, este vuelve a retornar para enfriar el motor por choque térmico entre temperaturas diferentes de aguas

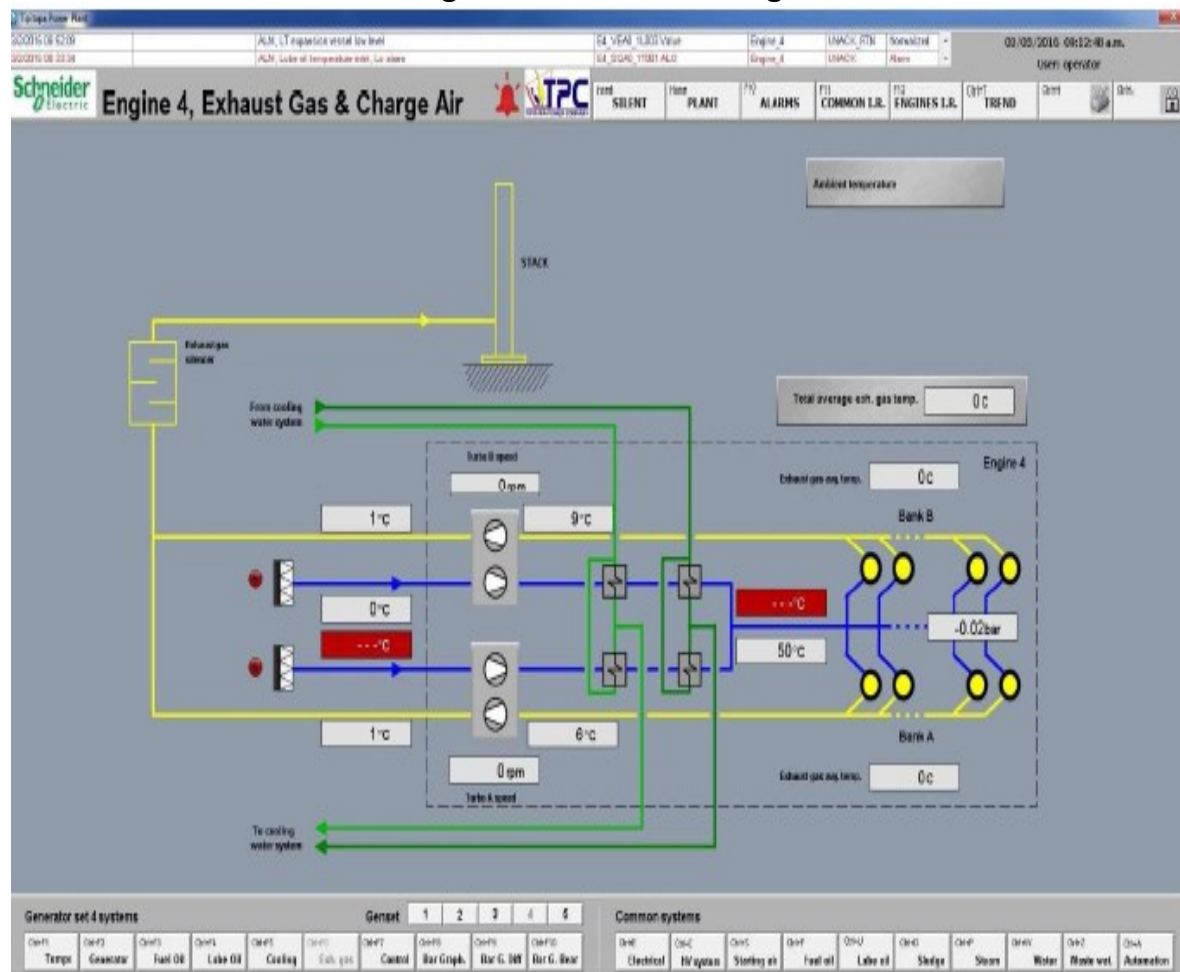
Figura 15. Prueba en sistema de enfriamiento



9.6 Gases de salida y aire de carga

Similar a la anterior, esta pantalla muestra el ciclo de recorrido de los gases de salida del motor, tanto del lado A como del B, así mismo la temperatura a la que se encuentran estos y a partir de dichos datos se obtiene el promedio de la temperatura de los gases para ambos lados del motor. Los gases de escape son liberados al mismo tiempo por los dos turbos A y B de cada generador, que tiene un sistema de enfriamiento de entrada por el turbo y un sistema de salida de escape por el mismo.

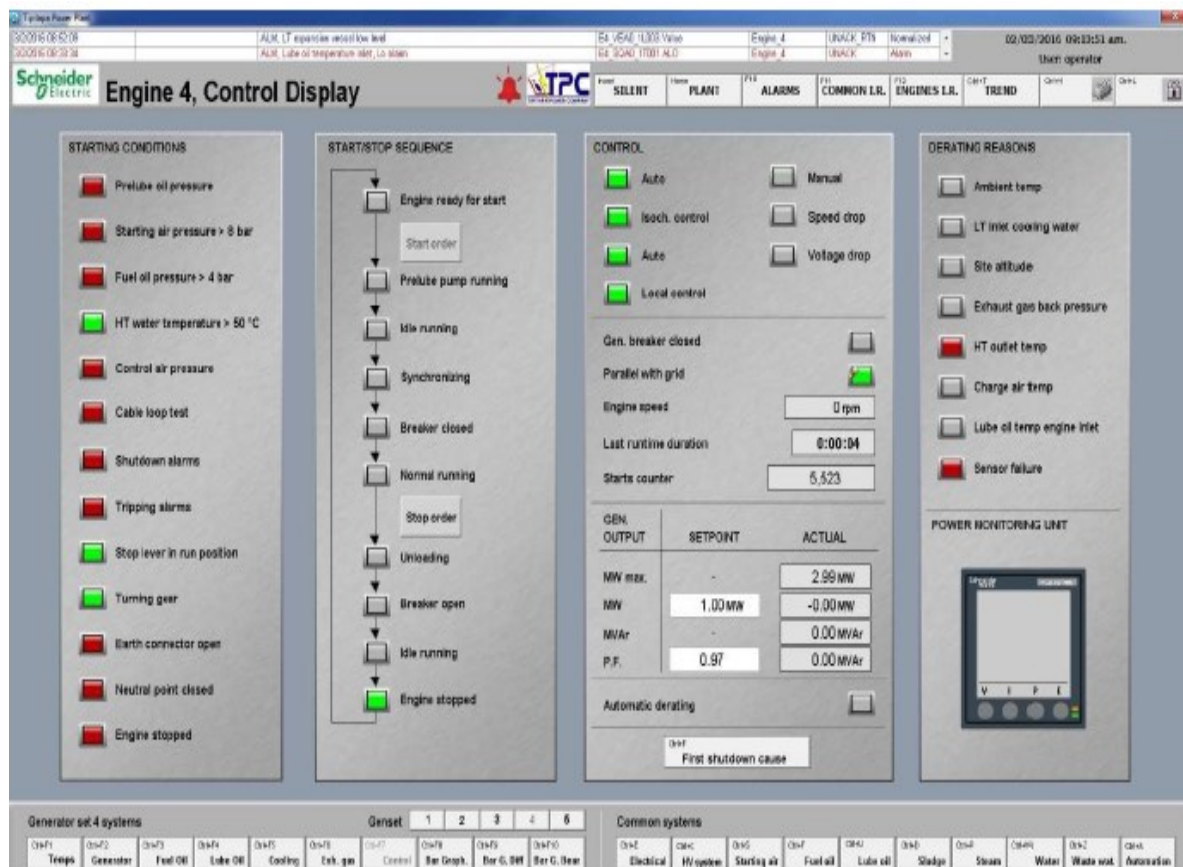
Figura 16. Medición de gases.



9.7 Pantalla de control

En la figura 17 se muestran las condiciones que se deben cumplir previo al arranque del motor. Además, se muestra la secuencia de arranque / paro de la máquina, los valores de consigna para la potencia activa junto con el factor de potencia incluyendo también el valor al que actualmente se encuentran los anteriores. Por otro lado, se hace referencia a las razones de reducción de carga y se da acceso a los datos obtenidos desde la unidad de monitoreo de potencia (PMU).

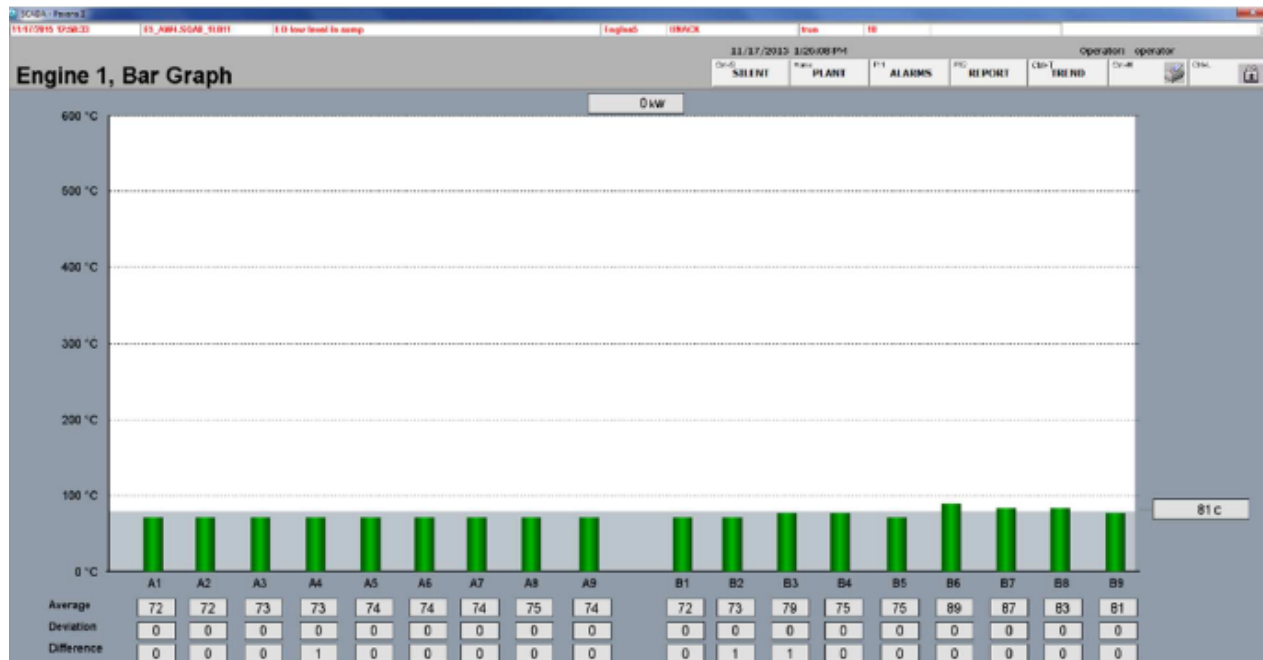
Figura 17. Control de arranque motor



9.8 Gráfico de barra

A partir de las temperaturas obtenidas en los cilindros y válvulas del motor en forma de gráficos de barra, se incluye el lado A así como el B. En la parte inferior de la pantalla de la figura 18, se puede observar el promedio de las temperaturas para cada uno de los elementos ya dichos con anterioridad junto con la desviación y diferencia de las mismas. Los elementos a medir son 36 sensores de gases de admisión y escape de las culatas y 54 sensores temperatura de los cilindros.

Figura 18. Temperatura en cilindros y válvulas

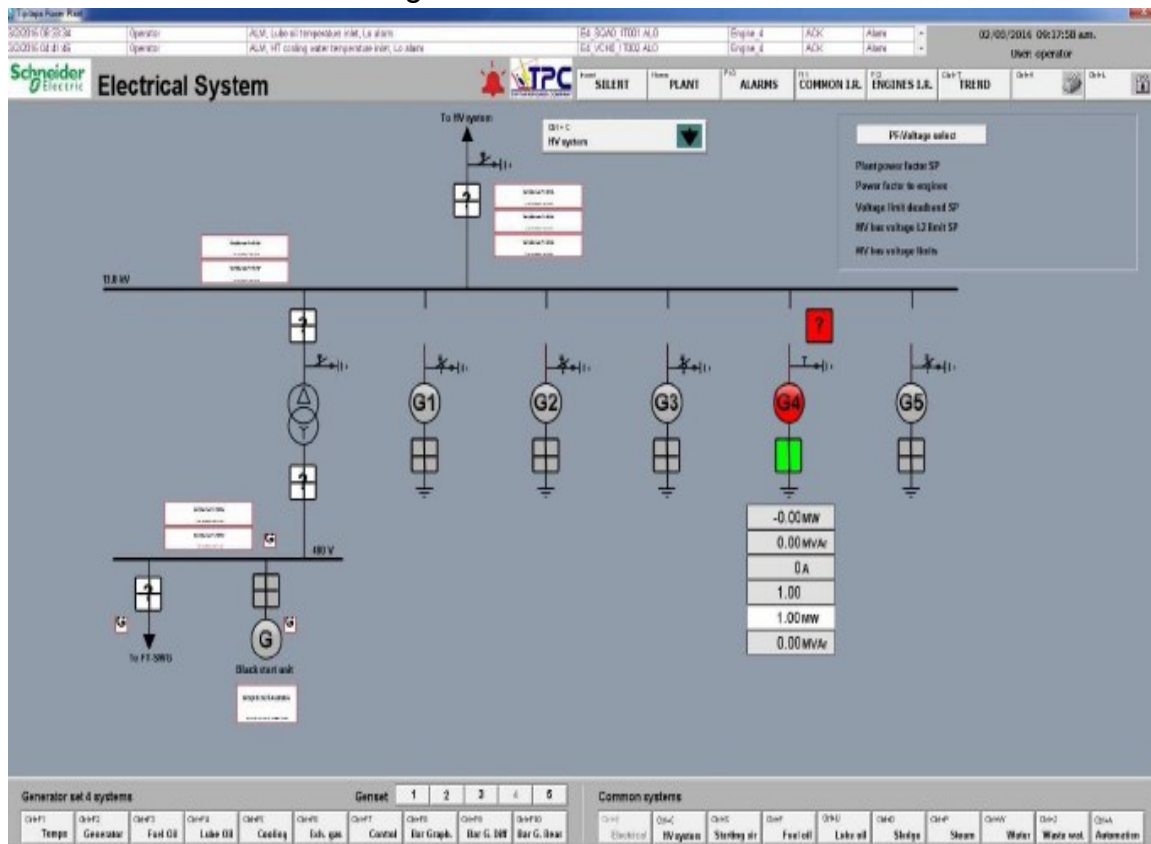


9.9 Sistema eléctrico

En esta pantalla se tiene una vista general que incluye datos importantes de todos y cada uno de los generadores del sistema eléctrico. Como por ejemplo: La potencia activa y reactiva actual, el factor de potencia, entre otros. En la parte superior de la figura 19 se puede observar el interruptor SF6, la barra 13.8 kV y en la parte inferior se visualiza la unidad de arranque en negro acoplada a la alimentación de barra 480V para equipos auxiliares.

Por medio de esta pantalla en la figura 19 se pueden obtener información actual acerca de los transformadores de alta tensión. Información relevante sobre este apartado es: La potencia activa y reactiva total despachada y de igual forma los mismos datos para cada transformador individualmente.

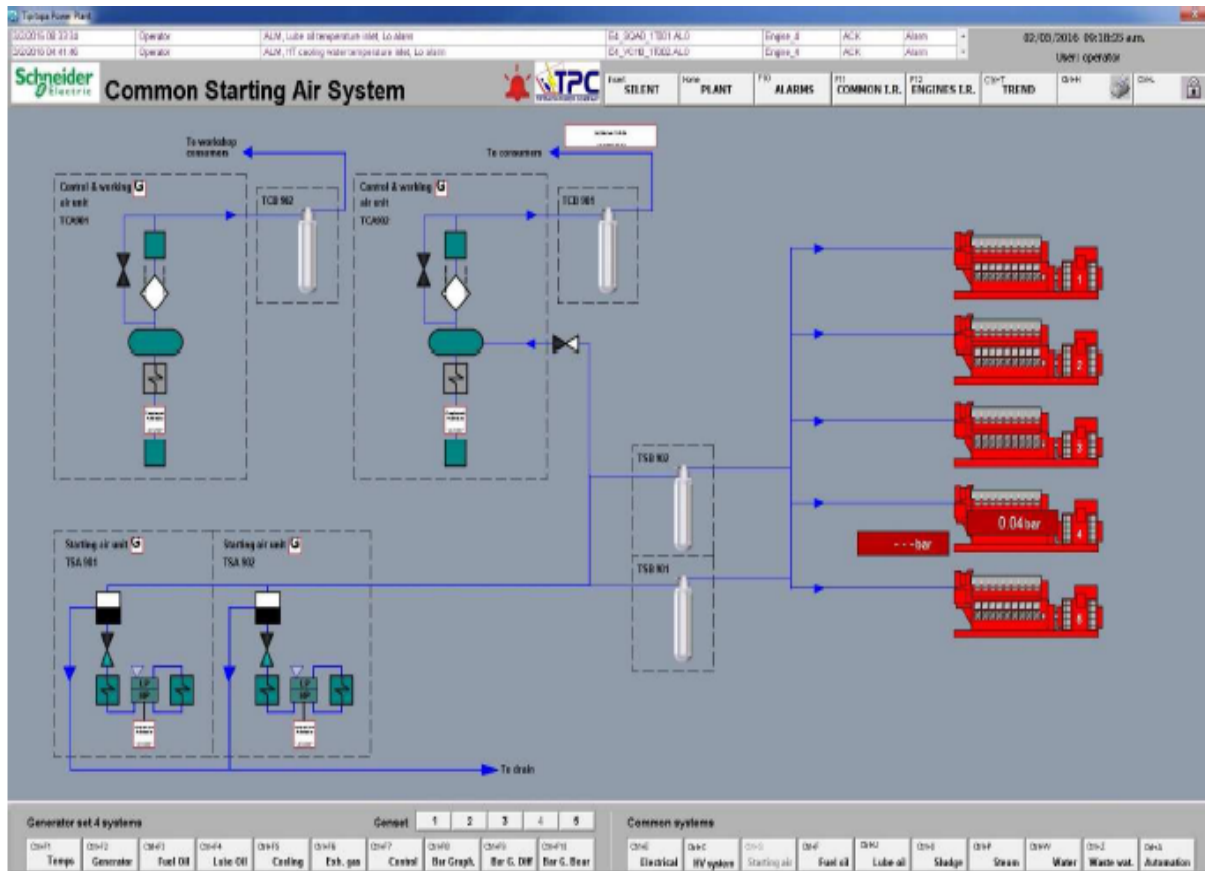
Figura 19. Sistema eléctrico



9.10 Sistema común de aire de arranque

En este apartado se ofrecen detalles acerca de la presión a la que se encuentra el aire de arranque de cada máquina, es decir, de forma individual. Se incluye adicionalmente el circuito por el cual fluye el aire en dirección de las flechas y el estado actual de las unidades de aire.

Figura 20. Captura del sistema común de aire para arranque



9.12 Sistema común de aceite

Muestra el ciclo de tratamiento de combustible HFO, dado por la dirección de las flechas en el diagrama. Así mismo muestra el volumen de HFO y LFO en sus respectivos tanques en metros cúbicos (m3).

9.13 Sistema común de lubricación

En este apartado, se muestra el circuito para el sistema común de lubricación. Dentro de éste se encuentran los tres tanques de almacenamiento para el lubricante nuevo, usado y en mantenimiento de los cuales se muestra el porcentaje al cual está lleno cada tanque.

9.14 Sistema común de lodos

En la siguiente ilustración se muestran datos relacionados con el sistema común de lodos, es decir, se da el circuito que estos fluidos atraviesan hasta posteriormente se separados y obtener agua limpia al final del mismo. Adicionalmente se muestra información acerca del nivel ocupado de los tanques de lodo concentrado.

9.15 Sistema común de vapor

Aquí se puede observar detalles acerca del sistema común de vapor, como por ejemplo: La temperatura de la tubería principal de vapor y el estado de las calderas al principio del circuito.

9.16 Sistema común de agua

Esta pantalla está relacionada con el circuito del sistema común de agua la cual ofrece detalles acerca del tanque de agua cruda, agua tratada y sanitaria. Así mismo el sistema de tubería representado por las flechas en el diagrama.

9.17 Sistema común de aguas residuales

En la siguiente pantalla se da a conocer el circuito relacionado con el sistema de aguas residuales las cuales son tratadas por la separadora para al final del mismo obtener las aguas que van al drenaje y los lodos que estaban contenidos con esta.

9.18 Sistema de automatización

En esta última pantalla se puede observar la red conformada por todos los equipos de control y adquisición de datos junto con las computadoras para los SCADAs y además del servidor en sala de control.

9.19 Sistema de transmisión de datos.

Para la transmisión de datos se implementó la tecnología de fibra óptica, sustituyendo la antigua tecnología basada en cable de cobre coaxial, ya que la fibra óptica presenta ventajas operativas superiores tales como:

1. Transmisión de datos a alta velocidad. En un medio de transmisión de cobre se logran velocidades hasta 100 Mb/s, en cambio en un sistema de fibra óptica se logran velocidades de operación en torno a los Gb/s, incluso hay redes que operan hasta velocidades de los Terabytes.
2. Evita interferencia. Se evitan interferencias electromagnéticas por la propiedad intrínseca de la fibra que se basa en ondas de luz.
3. Calidad de datos. Alta efectividad en transmisión datos a largas distancias hasta 500 metros sin atenuación.
4. Seguridad de red. Permite evitar cualquier manipulación de los datos en la red de comunicación.

X. Problemas Comunes

Los proyectos por su naturaleza son diferentes, pero hay cierto tipo de fallas que ocurren comúnmente, ya que en la mayoría de ellos hay al menos un PLC que controla el proceso y un sistema SCADA que recopila y muestra los datos a los operadores, a continuación una lista de esas fallas:

SÍNTOMA O FALLA	POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
Pérdida total de las lecturas	Cable de red desconectado.	Este problema puede darse por varias razones, entonces lo más recomendable es revisar desde lo más cerca de la estación e ir subiendo niveles, es decir, primero vea que si esta desconectado el cable como se muestra en la figura 1, esto indica que el cable de red está totalmente desconectado, el conector está mal hecho, el conector del otro extremo está mal hecho, el Switch está apagado o el cable se dañó en alguna de sus partes.
	Tarjeta de red deshabilitado.	Hay que revisar si la red no está deshabilitada, el cable y todos los dispositivos pueden estar en buen estado, pero si deshabilitamos la conexión de red se deshabilitan todas las comunicaciones con esa tarjeta de red, este estado se muestra en la figura 2, para resolver esto, oprima clic derecho sobre la el icono de conexión de red y oprima enable .
	Device Integration en falla o deshabilitado	Si la conexión de red está en estado normal lo primero que debemos probar es mandar un PING hacia el Server, si este se encuentra bien entonces se debe enviar PING desde el Server al PLC o cualquier dispositivo de la red que estemos leyendo, si nos responde esto confirma que no es un problema de hardware, sino es un problema lógico, en este caso quedaría revisar si el Device Integration del Server está habilitado.
	IP mal configurada.	Si al momento de hacer PING y los dispositivos no responden (Vea figura 4) esto puede suceder por 2 razones, uno que los dispositivos de la red estén apagados o que la tarjeta de red este mal configurada, para que los equipos se comuniquen deben estar en la misma red lógica.
	Dispositivos de red Apagados	En ocasiones suele pasar que si un segmento de la red esta caído y las luces de los Switch están encendidas, es buena práctica desconectarlos de la corriente unos 10 segundos para que estos vuelvan a inicializar, si son Switch sencillos, estos presentan bastantes problemas porque no tienen mucha memoria, entonces con apagarlo y volverlo a encender se arregla el problema.

Pérdida Parcial de las lecturas	Dispositivo Apagado, Switch Apagado o Desconectado, Cableado Dañado o Desconectado en una sección específica de la red	Para comenzar a resolver este problema debemos entender que si tenemos lecturas en alguna sección del SCADA, esto quiere decir que el hardware de la computadora, configuración y cableado hasta cierta parte de la red está en buen estado. Ahora se tiene que hacer un análisis con la ayuda de un diagrama de red, para revisar que sección de la red esta caída, generalmente cada sección tiene un Switch administrable, entonces si le hacemos PING y esta no contesta, es el primer punto donde debemos revisar, es posible que este apagado, si esta encendido y el led del puerto está apagado, revisar los conectores de los 2 extremos, si aún no funciona, se debe buscar algún corte en el cable o prensado para determinar que el cable fue dañado. Puede hacer una prueba extra conectando otro cable en el mismo puerto para determinar que el puerto no se ha quemado.
		En ocasiones se tienen lecturas de 2 redes diferentes, entonces es posible que la tarjeta de red solo tenga configurada 1, entonces se deben agregar las 2 para que puedan tener todas las lecturas.
		El Device Integration del Server lee de varios dispositivos de la red, cada Objeto es un dispositivo en un segmento diferente, es posible que por algún error este se haya dañado, revise el Device Integration del Server y vea que todos los tópicos están configurados y mande un PING a cada uno de ellos para descartar que estén inactivos.
Ciertas aplicaciones muestran mensajes de error de licencia al iniciar	Falta licencia	WSP2014R2 utiliza licencias para poder funcionar, esta licencia está dividida en 2 partes, una llave física USB y archivos de wwsuite.lic, ArchestrA.lic, y ArchestrAServer.lic, si alguno de ellos no está, WSP2014R2 no podrá ejecutar las aplicaciones necesarias, para resolver este problema, vuelva a conectar la llave física e reinstale los archivos de licencia, si no hay ningún problema vuelva a realizar otro intento con la aplicaciones.
		En ocasiones los puertos USB de las computadoras se dañan entonces es recomendable cambiar de puerto de si está fallando.
		La llave física USB se daña debido al tiempo o por algún corto en el puerto de la USB, si en un caso detecta que la llave física está fallando, contacte con soporte Falcón Ingeniería, para hacer una revisión más exhaustiva y determinar si se necesita reemplazar la llave.

Windows Viewer muestra los objetos desproporcionados	Resolución de Windows Incorrecta	Las pantallas de WSP2014R2 se diseñan con una resolución específica, esto se hace para crear los objetos y definir los tamaños correctos para las pantallas. Si Windows Viewer detecta un cambio en la resolución abrirá la aplicación dicha resolución, pero desproporcionada. Para solventar este problema simplemente cambie la resolución de Windows (figura 2) y seleccione la resolución correcta. Si no está seguro de cuál es la resolución, abra el programa Intouch y ver la columna Resolution .
		En algunos casos se dañan los monitores y se cambian por otro tamaño, antes de cambiar un monitor debe estar seguro que el monitor es capaz de visualizar la resolución que necesita, puede ver este dato en la documentación del monitor.
No se muestran ni alarmas ni eventos tanto recientes como históricos	Algunos servicios dejan de funcionar	WSP2014R2 necesita de una serie de servicios para enviar información a las PC-Clientes, en algunas ocasiones las fluctuaciones de voltaje provocan que estos servicios no arranquen de forma automática al reiniciarse el equipo. Para que esto se corrija se deben reiniciar los equipos de forma adecuada.
La hora de las alarmas y las tendencias no concuerdan con las PC-Clientes	Hora del servidor esta diferente a las PC-Clientes	WSP2014R2 utiliza la hora del administrador de alarmas y eventos, en este caso el Servidor, él se encarga de estamparle su propia hora, si las PC-clientes tienen una hora diferente se dará la impresión de que se está viendo algo que no corresponde al momento actual.
Una de las PC-Clientes no muestra valores	Algunos servicios dejan de funcionar	WSP2014R2 necesita de una serie de servicios para enviar información a las PC-Clientes, en algunas ocasiones las fluctuaciones de voltaje provocan que estos servicios no arranquen de forma automática al reiniciarse el equipo. Para que esto se corrija se deben reiniciar los equipos de forma adecuada.
	Posiblemente el cable de red este desconectado o IP mal configurada	Revise el cableado de la PC-Cliente al Switch, si está conectado haga PING hacia el servidor, si este no hace ping se debe revisar la configuración de la tarjeta de red y que la misma este habilitada.
Ninguna de las PC-Clientes muestra valores	Server apagado o desconectado de la red	Revise que el servidor se encuentre encendido, haga remote-desktop para hacer ping hacia las PC-Clientes, si no se hace ping revise el cable del servidor al switch.
	Switch en mal estado	En algunas ocasiones las fluctuaciones de voltaje provocan daños al switch, revise que este se encuentre funcionando adecuadamente al igual que sus puertos.

XI. CONCLUSIONES

Se optimizó el sistema de control y la comunicación en las máquinas de generación de energía eléctrica al implementar un PLC MODICON M580 que sustituyera al PLC anterior, teniendo como resultados los aspectos siguientes:

- ✓ Los tiempos de respuesta al implementar el PLC MODICON M580 se mejoraron a 5 milisegundos; con el PLC anterior se lograban tiempos de 35 a 40 milisegundos en el proceso de automatización. **(Ver anexo 13.3)**
- ✓ Se mejoraron la confiabilidad de los datos ante disturbios en el ambiente, así como se redujo el margen de error de los mismos. **(Ver anexo 13.3)**
- ✓ Se ajustaron los valores de presión de agua, combustible, aceite los cuales se pudieron parametrizar en la interface hombre-máquina.
- ✓ Se implementó un medio de transmisión basado en fibra óptica la cual brinda mayor calidad y efectividad de la comunicación entre el PLC central y la sala de máquinas. Con el sistema anterior había mucha caída en la comunicación debido a la interferencia electromagnética que ocasionaban los generadores y la distancia recorrida entre ambos puntos.
- ✓ Con la implementación del sistema autómatas M580 se mejoraron los errores de alarma. Con el sistema anterior las alarmas se disparaban con rangos aún dentro de parámetros lo cual originaba salidas en el sistema de generación, confusiones y pérdidas de tiempo por revisión del personal técnico; según pruebas realizadas con el sistema actual no existe disparo de alarmas fuera de parámetros. **(Ver anexo 13.3)**

XII. BIBLIOGRAFIA

- ✓ Manuales Schneider Electric.
- ✓ [www. google .com .ni](http://www.google.com.ni)
- ✓ Sistemas de control discretos, Schawn, Mc Graw Hill, Oscar Reinoso, José Maria Sebastian.
- ✓ Sistemas de comunicación e información, James A. Senn, segunda edición.

XIII. ANEXOS

13.1 Paneles de operación

Imagen #1. Panel local generador



Imagen #2. Panel Central



Imagen #3. Sistema comunicación Modbus TCP

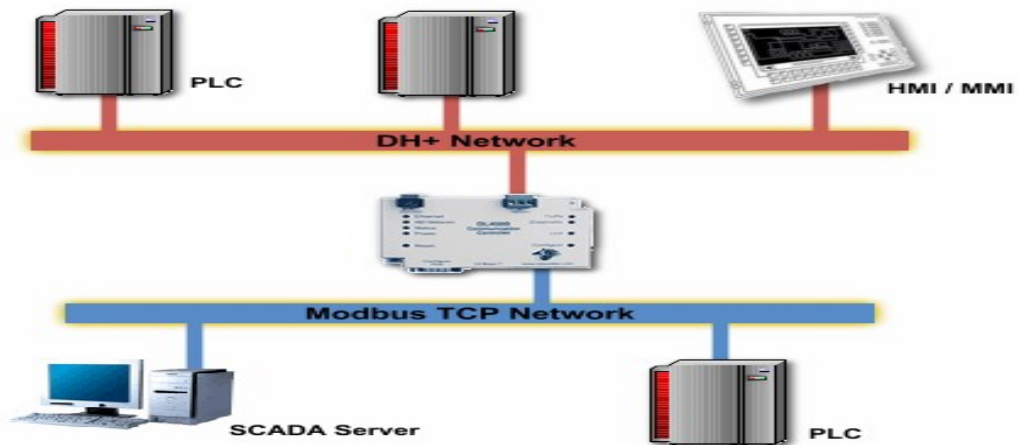


Imagen #4. Tendencia de tiempo relativo

En un gráfico de tendencia en el modo de tiempo relativo, estos puntos se ven así:

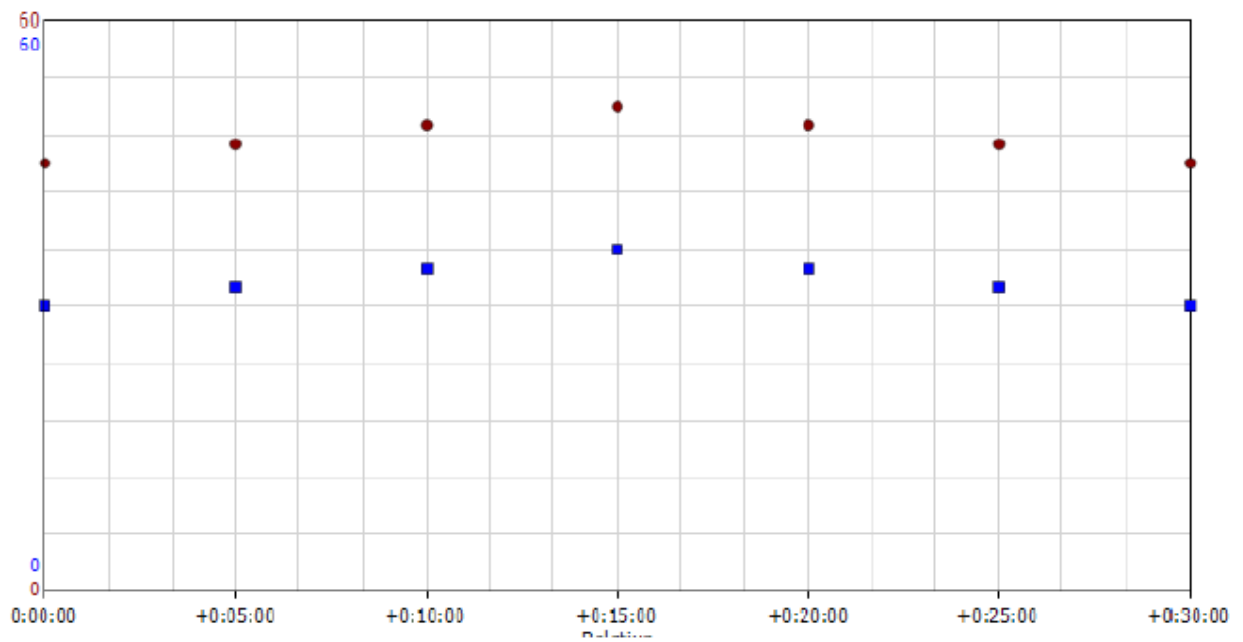
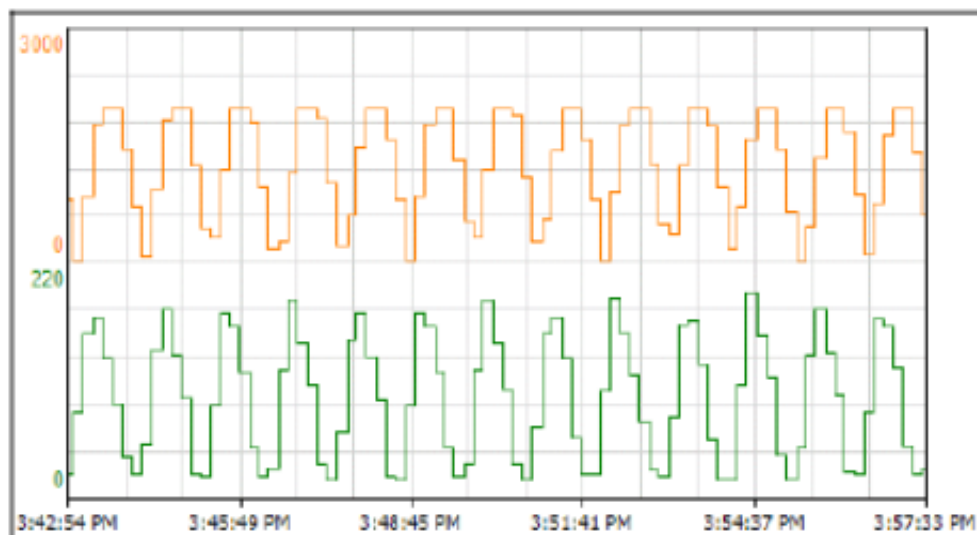


Imagen #5. Escala mínimo y máximo de valores de etiqueta de señales discretas y analógicas



13.2 Elementos de control y comunicación

Tabla #1. Tabla de sistema de control

TIPITAPA POWER
PROYECTO, ACTUALIZACION DE SISTEMA DE CONTROL
LISTA DE EQUIPOS DEL SISTEMA

HARDWARE DE CONTROL				
Item	Cantidad	Modelo	Marca	Descripcion
1	2	BMEXBP1200	Schneider Electric	Rack Ethernet de 12 Espacios
2	8	BMXCPS3020	Schneider Electric	Fuente de Alimentacion 100-150 VDC, 36W
3	2	BMEP582040	Schneider Electric	Procesador M580, CPU Level 20 para redes DIO y RIO, Ethernet, 8MB de memoria integrada
4	6	BMECRA31210	Schneider Electric	Modulo de Comunicacion RIO, Ethernet/IP
5	4	BMXNRP0200	Schneider Electric	Modulo de Conversion Fibra Optica/Ethernet UTP
6	2	BMXDDI6402K	Schneider Electric	Modulo de 64 entradas discretas aisladas (4x16), 24VDC
7	4	BMXDDI3202K	Schneider Electric	Modulo de 32 entradas discretas aisladas (2x16), 24VDC
8	2	BMXDDO6402K	Schneider Electric	Modulo de 64 salidas discretas protegidas (4x16), 24VDC/0.1A a Transistor
9	4	BMXDRA1605	Schneider Electric	Modulo de 16 salidas discretas protegidas (1x16), 2A a Rele
10	6	BMXAMI0810	Schneider Electric	Modulo de 8 entradas analogicas aisladas, 15 bits + signo, 0...10V, 4...20 mA
11	36	BMXART0814	Schneider Electric	Modulo de 8 entradas analogicas aisladas, 15 bits + signo, RTD, termopar, $\pm 40\text{mV}$, $\pm 80\text{mV}$, $\pm 160\text{mV}$,
12	4	BMXAMO0810	Schneider Electric	Modulo de 8 salidas analogicas aisladas, 15 bits + signo, 0...10V, 4...20 mA
13	2	HMIGTO5310	Schneider Electric	Terminal de dialogo, pantalla 10", 65k colores, 96MB de flashram, ranura para tarjeta SD.
14	2	PM5560	Schneider Electric	Medidor de Energia Electrica
15	7	ABL8 REM24050	Schneider Electric	Fuente de Alimentacion 100-240V AC/DC, 5A
16	7	TCSEB083F23F0	Schneider Electric	Switch Ethernet industrial 8 puertos TX, Base 10/100

Se describen los detalles de los pin de salida del conector Ethernet 100Base T RJ45.

Tabla #2. Conexión de puerto Ethernet

Conexión de pins	Pin	Señal
	1	TD+
	2	TD-
	3	RD+
	4	N.C.
	5	N.C.
	6	RD-
	7	N.C.
	8	N.C.
	Shell	Puesta a tierra del chasis

Los convertidores de fibra, disponen de dos puertos ópticos. Cada uno de los puertos dispone de un módulo de transceptor SFP.

Los IP por cada Maquina, siendo PLC'S.

192.168.10.41

192.168.10.49

192.168.10.42

192.168.10.43

192.168.1047

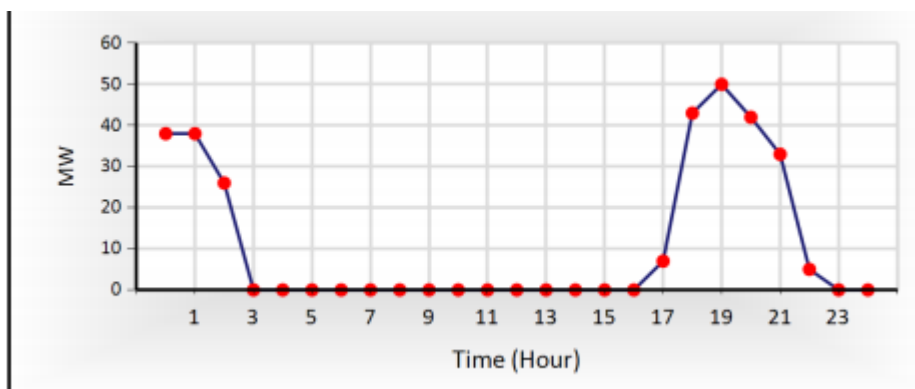
13.3 Optimización del sistema de control

Tabla #3. Funcionamiento diario y horas de interrupción Enero 2015

# de maquina	Interrupción Planeada	Parada	Sin disparo	Disparo de la unidad	Paro Forzado	Horas de funcionamiento
1	0	17.6	0	0	0	6.4
2	0	19.33	0	0	0	4.67
3	0	16.38	0	0	0	7.62
4	0	19.35	0	0	0	4.65
5	0	17.65	0	0	0	6.35
Total		90.31	0	0	0	29.69

En la tabla #3 se puede observar el comportamiento de cada máquina en horas de operación e interrupción. Se detalla que en enero de 2015 se usaba un PLC ABB para el control de todos los procesos de la maquina generadora de energía, teniendo apenas 29.69 horas de funcionamiento al mes, y 90.31 horas de paros al mes producto del sistema de control obsoleto.

Imagen #6. Perfil de carga diario enero 2015



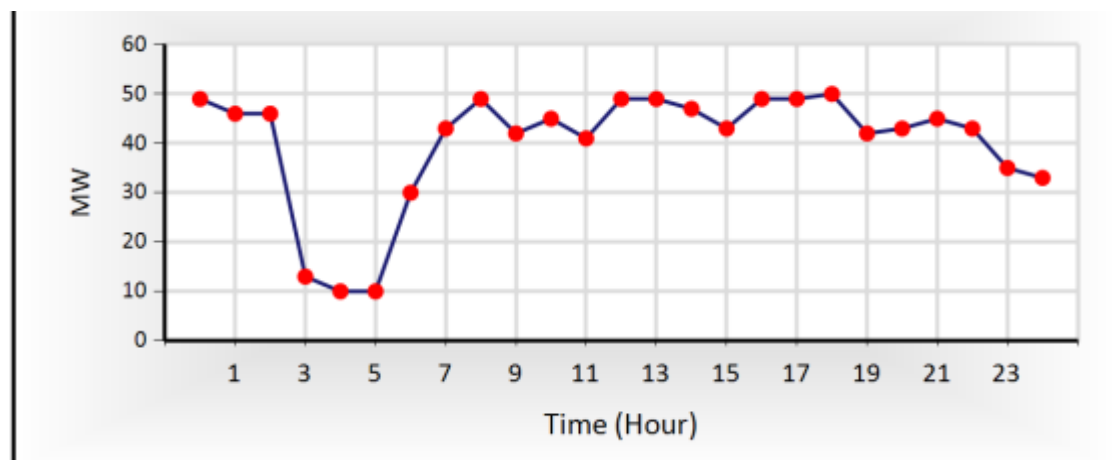
Se observa en la imagen #6 la caída de la inyección de potencia a la red, debido a interrupciones en el sistema de generación. Se evidencia que desde las 3 horas hasta las 16 horas en un día de trabajo se generó 0 MW, volviendo a incrementar carga a partir de las 17 horas por intervención en el sistema de control y comunicación de los diferentes lazos.

Tabla #4. Funcionamiento diario y horas de interrupción Enero 2017

# de maquina	Interrupción Planeada	Parada	Sin disparo	Disparo de la unidad	Paro Forzado	Horas de funcionamiento
1	0	2.3	0	0	0	21.7
2	0	4.55	0	0	0	19.45
3	0	0	0	0	0	24
4	0	2.33	0	0	0	21.67
5	0	4.58	0	0	0	19.42
Total		13.76	0	0	0	106.24

En la tabla #4 se evidencia la optimización del comportamiento de las máquinas en funcionamiento y horas de interrupción, observándose que en el mes de enero de 2017 hubo apenas 13.76 horas en paro y 106.24 horas en funcionamiento lo que representa una mejora en 76.55 horas menos de interrupciones y 136 horas adicionales de funcionamiento debido a la implementación del sistema de control y comunicación propuesto.

Imagen #7. Perfil de carga diario enero 2017



Se observa en la imagen #7 la caída de la inyección de potencia a la red solamente de las 3 a las 5 horas en un día de operación regular, y la inyección de potencia a la red eléctrica desde las 6 hasta las 23 horas, debido a la implementación del nuevo sistema de control y comunicación PLC, garantizando una optimización en todos los lazos de control de las máquinas de generación.

